

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СБОРНИК КОНКУРСНЫХ
НАУЧНЫХ РАБОТ
СТУДЕНТОВ И
МАГИСТРАНТОВ**

Часть I

Брест 2009

УДК 624;628;+338:339

Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов.

Рецензент: директор УНИиОКП «НТЦ» А.Я. Найчук, д.т.н., профессор

Сборник охватывает широкий спектр проблемных областей строительства, архитектуры, экономики, машиностроения, ЭВМ и систем, а также общественных и социально-экологических проблем.

Редакционная коллегия: главный редактор: к.ф.-м.н., доцент В.С. Рубанов,
зам. главного редактора: к.т.н., профессор Шведовский П.В.

Члены редколлегии: к.т.н., доцент Монтик С.В.
- к.т.н., доцент Костюк Д.А.
доцент Громик Н.В.
к.э.н., доцент Козинец М.Т.
к.э.н., доцент Бояринцев Г.А.

УДК 624;628;+338:339

ISBN 978-985-493-123-4

© Издательство БрГУ, 2009

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Вопросы строительства и архитектуры являются одними из наиболее актуальных в настоящее время. Они затрагивают интересы широких слоев населения и имеют большое значение для развития нашей страны. В данной статье мы рассмотрим некоторые из этих проблем и попытаемся найти пути их решения.

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Одной из основных проблем является нехватка жилья. Это приводит к тому, что многие люди вынуждены жить в переполненных помещениях, что негативно сказывается на их здоровье и качестве жизни. Для решения этой проблемы необходимо ускорить темпы строительства жилья и уделять особое внимание качеству строительства.

Другой важной проблемой является состояние нашей архитектуры. Многие здания, построенные в советское время, уже давно потеряли свой первоначальный облик и требуют реставрации. Кроме того, в настоящее время наблюдается тенденция к созданию некачественных зданий, которые не соответствуют современным требованиям к архитектуре.

Для решения этих проблем необходимо принять комплексные меры. В первую очередь необходимо ускорить темпы строительства жилья и уделять особое внимание качеству строительства. Кроме того, необходимо реставрировать старые здания и создавать новые здания, соответствующие современным требованиям к архитектуре.

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПОКРЫТИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА В Г. ГРОДНО И ЕГО ПРОВЕРКА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ

Введение. В конце XIX в. большими считались пролеты 12-18 м., во второй половине XX в. – 30-40 м. На сегодняшний день уникальные большепролетные здания – объекты, характеризующиеся по критерию технической сложности, следующими параметрами:

- Пролеты свыше 100 м, при конструктивных решениях, прошедших успешную апробацию в практике проектирования, строительства и эксплуатации;

- Пролеты свыше 60 м, при принципиально новых конструктивных решениях, требующих разработки специальных методов расчета, экспериментального исследования на физических моделях и т.п. [1].

Одной из разновидностей большепролетных покрытий являются комбинированные большепролетные покрытия, т.е. в одном покрытии может сочетаться две и более самостоятельных несущих конструкции, работающие вместе как единое целое и в случае локального повреждения, способные перераспределять усилия. К числу таких конструкций принадлежит и универсальный спортивный комплекс для игровых видов спорта в г. Гродно.

Конструктивное решение покрытия универсального спортивного комплекса в г. Гродно

Покрытие представляет собой в плане квадрат 74x74 м, опирающийся на колонны (и диафрагмы жесткости) по контуру 64x64 м, с пятиметровыми консольными свесами по всем граням.

Несущие конструкции запроектированы в виде металлической трубчатой регулярной структурной плиты с квадратными ячейками решеток поясов. Стержни верхнего и нижнего решеток поясов и раскосов имеют одинаковую длину, образуя ортогональную сетку с ячейкой 3x3 м, высота структурной плиты 2,12 м по осям поясов. Структурная плита сломана по диагонали и образует два треугольных ската с уклоном 15°. Структурная конструкция опирается по контуру на 48 железобетонных колонн, 4 диафрагмы жесткости. Также структурная плита опирается на нижние пояса треугольной пространственной фермы. По верхним узлам структурных плит устанавливаются прогоны из швеллеров, на которые укладывается профнастил и элементы кровли.

Структурная плита покрытия запроектирована из круглых труб, соединенных полыми шаровыми узлами системы «БрГТУ» (рис. 1). Структура имеет ортогональную верхнюю и нижнюю поясные сетки. Стержни пространственной структуры запроектированы из бесшовных горячекатаных труб, в торцы которых свариваются круглые гайки резьбой М24, М30 и М36. Для стержневых элементов с усилиями более 400 кН сопряжение с узлами выполняется через фасонку с помощью монтажной сварки.

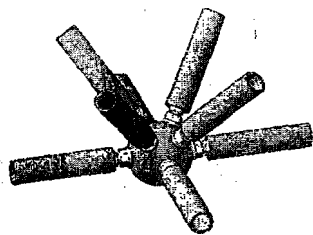


Рис. 1 – Типовой узел системы БрГТУ

Треугольная пространственная ферма состоит из двух плоских ферм, установленных под углом 63°, связанных структурной плитой. Верхний и нижний пояса плоских ферм запроектированы из бесшовных горячекатаных труб $\varnothing 273 \times 10$, а раскосы из труб $\varnothing 168 \times 8$. На нижние пояса ферм с шагом 4,24 м опирается структурная плита, что обу-

словило геометрию плоских ферм (рис. 2, 3а). Узлом опирания структурной плиты на нижний пояс фермы также является узел структурной конструкции типа «БрГТУ» в форме полого шара, подкрепленного ребрами жесткости (см. рис. 3б).

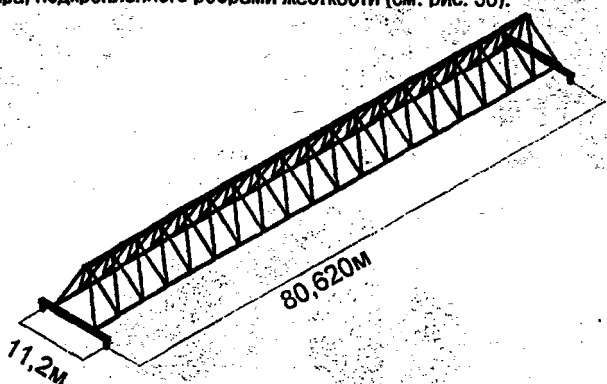


Рис. 2 – Конструктивная схема фермы

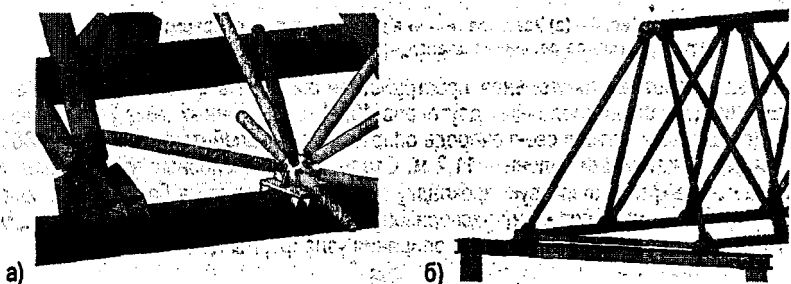


Рис. 3 – (а) Узел опирания нижнего пояса структурной плиты на нижний пояс фермы; (б) конструкция опирания пространственной фермы на колонны

Т.к. геометрические размеры запроектированных плоских ферм больше транспортных габаритов, то сборку ферм необходимо производить на строительной площадке. Каждый из поясов плоских ферм разбит на отправочные марки. Стыки отправочных марок производятся вне узлов фермы и опорных узлов структуры. Укрупнительные стыки плоских ферм выполняются при помощи внутренних втулок и наружных муфт на сварке.

Узел соединения решетки раскосов с поясами фермы запроектирован с применением балансирующего шарнира (рис. 4).

Балансирный шарнир состоит из круглой втулки с эксцентрично расположенным отверстием (эксцентриситет 10 мм) и соединительной детали Ø50 мм. После сборки узлового элемента соединительная деталь фиксируется двумя круглыми гайками. Крепежный элемент показан на рис. 4в.

Балансирный шарнир позволяет центрировать отверстия в фасонках стержней раскосов и поясов и обеспечивает необходимые допуски для сборки конструкции (рис. 4). В этом случае все стержни ферм испытывают только осевые усилия (центральное растяжение или центральное сжатие), что позволяет более полно использовать материал. Устройство узлов с применением балансирующего шарнира обеспечивает простоту сборки плоских ферм на строительной площадке с учетом температурных деформаций и конструктивных несовершенств.

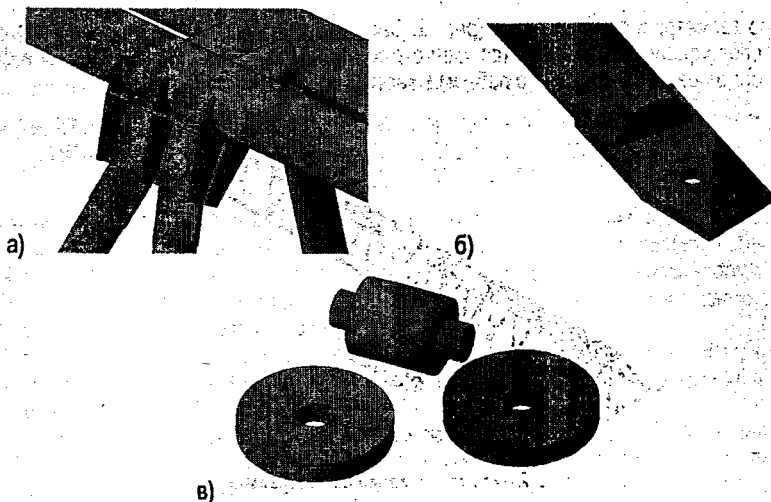


Рис. 4 – (а) Узел соединения раскосов и поясов фермы; (б) конструктивное решение балансирующего шарнира; (в) крепежный элемент

Большепролетная треугольная пространственная ферма опирается на балки, состоящие из двух широкополочных двутавров 40Ш1, соединенных между собой накладками. Двутавровые балки в свою очередь опираются на сталебетонные колонны $\varnothing 63$ см, расстояние между осями колонн – 11,2 м. Стальная плита опорного узла фермы устанавливается на фторопластовую прокладку, в месте опирания на балки, такая опорная конструкция исключает передачу распорных усилий на колонны при прогибах фермы и при изменении температуры. Решение опирания узла фермы на балки см. рис. 5.

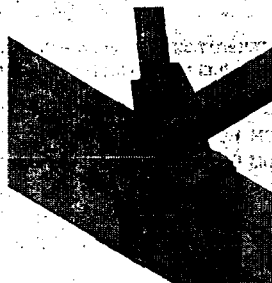


Рис. 5 – Узел опирания фермы на двутавровые балки

Общие положения по расчету на прогрессирующее обрушение

Сегодня отсутствуют единые общепринятые определения (термины) по этой проблеме, поэтому в начале хотелось бы привести обобщенные данные отечественных и зарубежных стандартов строительного проектирования, обзор современной строительной литературы по этому вопросу.

Лавинообразное (прогрессирующее) обрушение – распространение начального локального повреждения в виде цепной реакции от элемента к элементу, которое, в конечном счете, приводит к обрушению всего сооружения или непропорционально большей его части [2].

Аварийная расчетная ситуация (которая может быть причиной разрушения) – явление, представляющее исключительные условия работы конструкции на аварийные воздействия, имеющие малую вероятность появления и небольшую продолжительность, но приводящие, в большинстве случаев, к тяжелым последствиям [3].

Что касается способов расчета зданий на прогрессирующее обрушение, можно выделить наиболее часто используемые проектировщиками. Это такие способы, как:

➤ Общее упрочнение всего здания (разрушение одного из элементов здания не приводит к разрушению всего строения) – т.е. несущим элементам здания придается повышенный запас прочности;

➤ Удаление элемента из расчетной схемы – т.е. расчет сводится к нахождению «ключевого» элемента. Мы считаем, что какой-либо элемент получил локальные повреждения, не включился в работу – его нет. Каким образом система будет работать без него?

➤ Аварийное воздействие на расчетную схему. Т.е. на здание или сооружение внезапно действует некая сила.

Проведя сравнительный анализ, мы пришли к выводу, что наиболее неблагоприятным методом моделирования аварийной ситуации является метод с удалением элементов конструкции. Поэтому расчет на устойчивость к прогрессирующему обрушению покрытия СК в г. Гродно был рассчитан именно таким методом.

Проверка на устойчивость к прогрессирующему (лавинаобразному) обрушению покрытия универсального спортивного комплекса

Конструкция данного спорткомплекса относится к уникальным, не типовым сооружениям, т.е. к зданиям с I (повышенным) уровнем ответственности. Все здания I уровня ответственности должны быть рассчитаны на устойчивость к прогрессирующему обрушению.

С одной стороны:

- необходимо обеспечить определенную степень безопасности находящихся в зданиях людей и сохранности их имущества за счет уменьшения вероятности прогрессирующего обрушения при локальных разрушениях несущих конструкций.

С другой стороны:

- при стремлении запроектировать здание, устойчивое к прогрессирующему обрушению – его стоимость стремится к бесконечности.

Расчет на прогрессирующее обрушение проводился по схеме, включающей в себя два этапа [4].

Первый этап включал следующие действия:

• Статический расчет с целью определения НДС конструкции в нормальных условиях эксплуатации;

• Составление различных РСН и выбор наиболее неблагоприятного сочетания;

• Подбор и проверка сечений элементов стальных конструкций.

Второй этап включал следующие действия:

(Цель расчета – нахождение «ключевого» элемента)

• Список элементов, входящих во внезапно удаляемый фрагмент конструкции;

• Проверочную комбинацию загрузений, в которую входят постоянные нагрузки и длительная часть временных нагрузок с $k=1$ (нормативные значения);

• Анализ результатов расчета.

Учитывая все методики расчета на прогрессирующее обрушение, необходимо было найти «ключевой» элемент, потеря или разрушение которого повлечет за собой максимальные разрушения всей конструкции покрытия.

При нахождении «ключевого» элемента удалялись следующие элементы конструкции (рис. 6):

• Эл-т н.п. фермы в середине пролета (только в одной ферме);

- Эл-т в.п. фермы в середине пролета (только в одной ферме);
- Опорный раскос фермы (только в одной ферме);
- Элементы кристалла структуры в середине пролета (на $\frac{1}{2}$ части структуры);
- Элементы кристалла структуры в опорной части (около диафрагмы на $\frac{1}{4}$ части структуры).

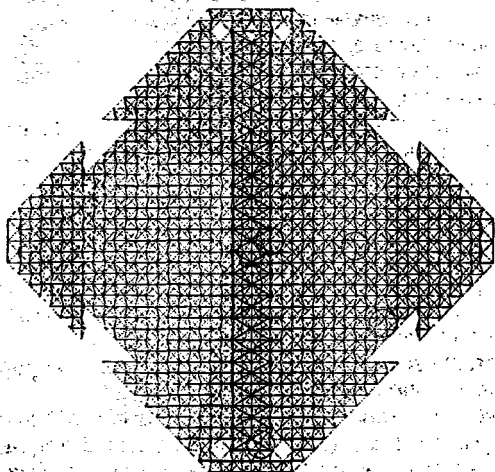


Рис. 6 – Схема с расположением удаляемых элементов

Проанализировав все модели разрушения, мы пришли к выводу, что одними из самых ответственных элементов конструкции покрытия являются элементы нижнего пояса пространственной фермы и опорные раскосы фермы.

Устойчивость к прогрессирующему обрушению проверялась расчетом на особое сочетание нагрузок и воздействий, включающее постоянные и временные длительные нагрузки (коэффициенты надежности = 1), т.е. $1(G_k + S_k + W_k)$ где: G_k – нормативная постоянная нагрузка, S_k – нормативная снеговая нагрузка, W_k – нормативная ветровая нагрузка.

Сопоставление нормальной работы конструкции и сценариев прогрессирующего обрушения

Для моделирования ситуации с элементом панели нижнего пояса можно сделать вывод о том, что при выключении из работы элемента нижнего пояса в середине пролета одной из плоских ферм усилия во всех элементах нижнего пояса этой фермы уменьшаются, а в работу включается структура, в которой значительно возрастают усилия в элементах нижнего пояса и вторая плоская ферма, но ни одно из них при заданных нагрузках не достигает предельных усилий. Т.е. при разрушении нижнего пояса его роль играют элементы структуры:

Еще одним ответственным элементом фермы является опорный раскос. При удалении его из расчетной схемы в элементах структуры, расположенных вблизи удаленного элемента, также заметно повышаются усилия. Кроме того, перераспределение усилий идет на колонны, на которые опирается структура, а не те, на которые опираются балки, т.е. передача усилия идет через элементы структуры.

Для более удобного анализа все результаты были сведены в таблицу 1.

Как и у всех стержневых конструкций, у комбинированных структур их работа по перераспределению усилий ячея проявляется с увеличением нагрузки, а также при неравномерных (несимметричных) нагрузках.

Таблица 1

Элементы конструкции покрытия (при нормативной работе конструкции)	Нормальная работа конструкции		Элементы конструкции покрытия (при моделировании прогрессирующего обрушения)	Моделирование сценариев прогрессирующего обрушения			
	От нормативных нагрузок			Удаление панели нижнего пояса		Удаление опорного раскоса	
	Усилия в наиболее нагруженных элементах, т.с.	max прогиб покрытия, мм		Усилия в наиболее нагруженных элементах, т.с.	max прогиб покрытия, мм	Усилия в наиболее нагруженных элементах, т.с.	max прогиб покрытия, мм
Ферма	-59.3 +74.8	-106.41	Ферма с удаленным эл-м	-54.8 +46.7	-112.85	-57.63 +74.01	-107.45
			Ферма с не удаленным эл-м	-58.15 +91.76		-57.54 +75.23	
Верхний пояс структуры	-29.5 +45.7		Верхний пояс структуры	-33.3 +47.2		-30.0 +46.26	
Решетка раскосов	-57.81 +41.05		Решетка раскосов	-59.38 +42.07		-59.0 +41.49	
Нижний пояс структуры	-43.54 +18.26		Нижний пояс структуры	-44.44 +18.09		-45.22 +18.68	

Необходимо отметить, что после проверки всех элементов покрытия для каждой из моделируемых ситуаций усилие ни в одном из элементов не достигает предельных значений. Если продолжить моделирование и пойти дальше – удалить еще элемент вблизи уже удаленных, то можно проследить более «явное» перераспределение усилий и достижения предельных усилий элементами, находящимися вблизи удаляемых элементов. Т.е., по сути, основная часть покрытий все равно сохранит свою целостность.

Некоторые обобщения

При реализации данного режима принималась во внимание очевидная условность исходных предпосылок, заключающаяся в следующем:

- нет достоверной информации о месте и причине возникновения процесса и характере его протекания;

- реальные параметры разрушения могут далеко отстоять от условий прочности, приведенных в нормах, т.к. известно, что расчетные значения параметров прочности могут существенно отличаться от наблюдаемых в натуре.

Кроме того, в «Рекомендациях по снижению опасности (предотвращению) аварийных воздействий и лавинообразного (прогрессирующего) обрушения для большепролетных зданий», разработанных НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО» и ЦНИИСК им. Кучеренко, указано, что «...невозможно запроектировать и построить сооружение абсолютно безопасным и при этом не учитывать стоимость предотвращения аварийных ситуаций...», а также «...сооружения не могут быть совершенно свободными от риска обрушения из-за неопределенностей требований к системе, разброса технических свойств строительных материалов, трудностей адекватного моделирования поведения системы даже с использованием современных программных комплексов...» [5].

Таким образом, в результате численного моделирования можно получить качественную оценку характеристик устойчивости конструкции по отношению к прогрессирующему обрушению, а также сопоставить несколько возможных сценариев обрушения с целью выявления слабых мест конструкции.

Вывод. Из моделирования данных ситуаций можно сделать вывод, что большепролетное комбинированное покрытие спортивного комплекса в г. Гродно обладает высокой надежностью в работе на восприятие проектных нагрузок и воздействий и исключает возможность развития прогрессирующего обрушения при возникновении непредвиденных катаклизмов природного и техногенного характера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еремеев П.Г. Предотвращение лавинообразного (прогрессирующего) обрушения несущих конструкций уникальных большепролётных сооружений при аварийных воздействиях / П.Г. Еремеев // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2006. – № 2.
2. ASCE 7_02, "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, 2002 edition," American Society of Civil Engineers, Reston, VA, 2002.
3. ENV 1991_2_7: 1998. Eurocode 1: Basis of design and actions on structures. Accidental actions due to impact and explosions. – Brussels: CEN, 1998.
4. Перельмутер А.В. Расчёт монолитных жилых зданий на прогрессирующее обрушение в среде системы «SCAD OFFICE».
5. МДС 20-2.2008 «Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролётных сооружений от лавинообразно (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях» / Департамент градостроительной политики, развития и реконструкции г. Москвы / Москва 2008.

УДК 624.155.15(088.8)

Сивуда Г.Г., Азаров Д.А.

Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н.

ПОВЫШЕНИЕ К.П.Д. УДАРА ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ СООТНОШЕНИЯ МАСС УДАРНОЙ ЧАСТИ МОЛОТА И ПОГРУЖАЕМОЙ СВАИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПОГРУЖЕНИЯ СОСТАВНЫХ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ СВАИ

С учетом мирового финансового и энергетического кризисов правительство республики особый упор делает на разработку и широкое внедрение в производство энергоэкономичных технологий.

В свайном фундаментастроении важное место в решении поставленной задачи отводится совершенствованию нового сваебойного оборудования, обеспечивающего погружение в грунт не менее 80% свай заводского изготовления и характеризующегося невысоким коэффициентом полезного действия (К.П.Д.) удара [1].

К.П.Д. η в общем случае представляет собой долю совершенной полезной работы (энергии) от затраченной полной подведенной работы (энергии) и определяется по выражению:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \delta_i}{mghn} \quad (1)$$

- где F_i – сила сопротивления грунта статическому погружению сваи в период i -го удара, Н;
 δ_i – величина погружения сваи (осадка) от действия i -го удара, м;
 m – масса ударной части сваебойной установки, кг;
 h – высота свободного падения ударной части, м;
 n – количество ударов на погружение сваи, шт.;
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Для определения энергоёмкости и величины К.П.Д., к сожалению, нельзя воспользоваться теоретическими положениями механики при свободном соударении упругих тел, так как процесс погружения тел свай происходит в более сложных условиях (некоторая масса грунта присоединяется к массе свай, нарушая правильность результатов вычисления К.П.Д. по классическим формулам теории удара) и зависит от значительного числа влияющих факторов, в том числе и от формы соударяемых тел и условий соударения. В общем случае погружение сваи можно представить как процесс соударения

трех тел – ударной части молота; сваи и массива грунта, протекающего в условиях пластической деформации грунта.

В связи с отсутствием данных, необходимых для обобщающего теоретического анализа, для определения энергоёмкости и К.П.Д. погружения забивных свай сотрудниками БрГТУ использовался метод экспериментального изучения забивки свай и разрушения грунта под сваями в лабораторных и в производственных условиях [1].

Результаты лабораторных испытаний приведены на рис. 1 и показывают, что абсолютные значения К.П.Д. η погружения свай при изменении соотношения масс ударной части и погружаемой сваи $\mu = \frac{m}{m_c} = 0,5...9,0$ и высоте падения груза $h = 0,25...1,25$ м колеблются в пределах 15...45%.

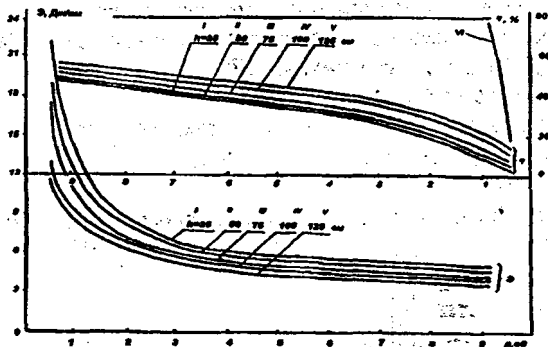


Рис. 1 – Графики зависимости полной удельной энергоёмкости (Э) и К.П.Д. (η) погружения свай от соотношения масс ударных грузов и свай (μ) и высоты сбрасывания грузов (h):
 I-V – реальные условия соударения при наличии пластических деформаций грунтов;
 VI – идеальный удар свободных абсолютных упругих тел

Графики на рис.1 показывают, что наиболее целесообразным соотношением масс ударного груза и сваи является $\mu = 1...4$, так как дальнейшее увеличение μ уже мало влияет на η и Э, а уменьшение μ ниже единицы дает повышенные значения энергоёмкости Э и низкие величины К.П.Д. η погружения свай. Причем увеличение μ от единицы до двух позволяет повысить К.П.Д. удара в 2,3 раза.

Увеличение μ может быть достигнуто посредством увеличения массы ударной части молота или уменьшением массы погружаемой сваи или ее части, взаимодействующей с ударной частью молота.

Возможность увеличения массы ударной части молота ограничивается грузоподъемностью копра или копровой установки, поэтому наиболее целесообразным на практике является уменьшение массы погружаемой части сваи, взаимодействующей с ударной частью молота, что может быть реализовано в случае применения составных телескопических свай (рис.2). При этом, кроме повышения К.П.Д. удара, обеспечивается снижение энергозатрат на преодоление сил трения по боковой поверхности, что можно подтвердить рассмотрением простого примера, представленного на рис. 2, 3.

Определим энергозатраты на погружение составной сваи отдельным (рис. 2) и традиционным (рис. 3) способами. При отдельном способе вначале погружается наружная часть сваи, а затем – внутренняя (рис.: 2). При традиционном способе внутренняя часть выдвигается из наружной части до проектного положения и жестко фиксируется относительно наружной части; после чего составная свая погружается на проектную отметку (рис. 3).

Энергозатраты на погружение составной сваи определяются по выражению [2]:

$$E = \sum F_i H_i \quad (2)$$

где F_i – средняя несущая способность сваи в пределах i -го слоя грунта, кН;

H_i – толщина i -го слоя грунта, м,

$$F_i = (F_i^1 + F_i^2) / 2, \quad (3)$$

где F_i^1, F_i^2 – несущая способность сваи по грунту основания при входе и перед выходом из i -го слоя грунта, соответственно, кПа.

$$F_i^j = K(R_{zi} \cdot A + K_1 \cdot U \sum_{k=1}^i \tau_k \cdot h_k), \quad (4)$$

где K – коэффициент однородности грунта строительной площадки ($k = 0,9-1$, см. [2]);

R_{zi} – лобовое сопротивление грунта зондированию в i -ом слое, кПа;

A – площадь поперечного сечения сваи, m^2 ;

h_i – толщина i -го слоя грунта, м;

K_1 – коэффициент проработки грунта, учитывающий неполноту контакта сваи с грунтом в процессе забивки, принимается по табл. 8, [2];

U – периметр сваи, м;

τ – величина бокового сопротивления грунта зондированию в i -ом слое грунта, кПа.

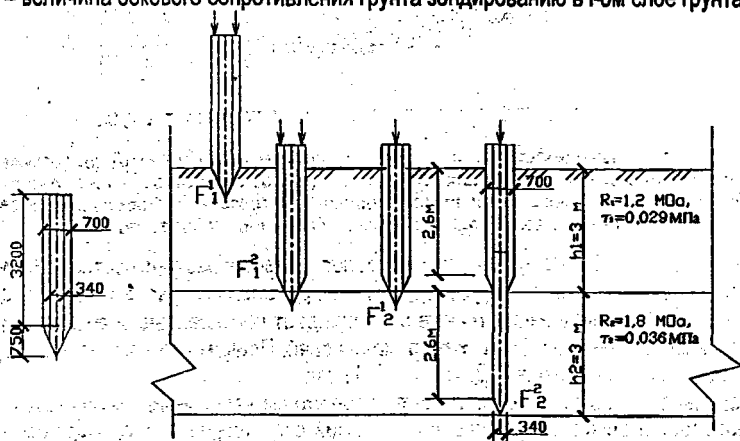


Рис. 2 – Схема к определению энергозатрат на погружение составной сваи в грунт раздельным способом

Рассмотрим раздельный способ погружения составной сваи (рис.2).

Для первого слоя.

$$A = 3,1416 \cdot 0,7^2 / 4 = 0,3848 \text{ м}^2$$

$$F_1^2 = 461,8 + 0,5 \cdot 2,199 \cdot 29 \cdot 2,6 = 544,7 \text{ кН}$$

$$F_1 = (461,8 + 544,7) / 2 = 503,3 \text{ кН}$$

$$F_1^1 = 1 \cdot R_{z1} \cdot A = 1 \cdot 1200 \cdot 0,3848 = 461,8 \text{ кН}$$

$$U = 3,1416 \cdot 0,7 = 2,199 \text{ м.}$$

Для второго слоя

$$A = 3,1416 \cdot 0,34^2 / 4 = 0,091 \text{ м}^2$$

$$F_2^1 = 1800 \cdot 0,091 = 163,8 \text{ кН}$$

$$F_2 = (163,8 + 223,8) / 2 = 193,8 \text{ кН}$$

$$U = 3,1416 \cdot 0,34 = 1,068 \text{ м.}$$

$$F_2^2 = 163,8 + 36 \cdot 0,6 \cdot 1,068 \cdot 2,6 = 223,8 \text{ кН}$$

$$E = 503,3 \cdot 2,6 + 193,8 \cdot 2,6 = 1890,46 \text{ кДж}$$

Рассмотрим традиционный способ погружения составной сваи (рис.3).

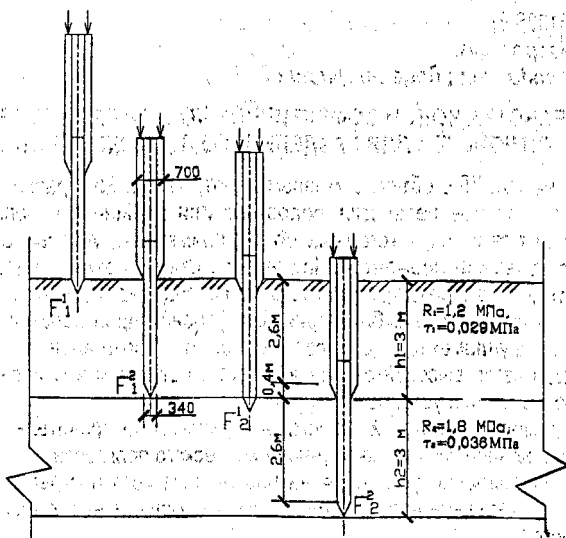


Рис. 3 – Схема к определению энергозатрат на погружение составной сваи в грунт традиционным способом

Для первого слоя.

$$A = 3,1416 \cdot 0,34^2 / 4 = 0,091 \text{ м}^2 \quad F_1 = 0,9 R_{с1} A = 1 \cdot 1200 \cdot 0,091 = 109,2 \text{ кН}$$

$$F_2 = 109,2 + 0,5 \cdot 1,068 \cdot 29 \cdot 3 = 155,7 \text{ кН} \quad U = 3,1416 \cdot 0,34 = 1,068 \text{ м}$$

$$F_1 = (109,2 + 155,7) / 2 = 132,5 \text{ кН}$$

Для второго слоя

$$A = 3,1416 \cdot 0,7^2 / 4 = 0,2938 \text{ м}^2 \quad F_2 = 1800 \cdot 0,091 + 1200 \cdot 0,2938 + 46,5 = 562,9 \text{ кН}$$

$$F_2 = 163,8 + 352,6 + 36 \cdot 0,6 \cdot 1,068 \cdot 2,6 + 29 \cdot 0,6 \cdot 2,199 \cdot 2,6 = 675,9 \text{ кН}$$

$$U = 3,1416 \cdot 0,7 = 2,199 \text{ м}$$

$$F_2 = (562,9 + 675,9) / 2 = 619,4 \text{ кН}$$

$$E = 132,5 \cdot 3 + 619,4 \cdot 2,6 = 2007,9 \text{ кДж}$$

В случае применения раздельного погружения удельное снижение энергозатрат ΔE составляет: $\Delta E = (2007,9 - 1890,46) / 100 / 2007,9 = 5,8\%$

Таким образом, раздельное погружение составных, телескопических свай забивкой позволяет снизить энергозатраты:

- за счет снижения сил трения по боковой поверхности на 5...6%;

- за счет увеличения соотношения масс ударной части молота и погружаемой части сваи (благодаря чему повышается К.П.Д. удара молота) примерно в 2,3 раза.

На основании вышесказанного главной задачей, обеспечивающей получение подтвержденного испытаниями и расчетами снижения энергоемкости забивки свай, является разработка новых конструкций молотов для погружения составных, телескопических свай.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернюк В.П., Пчелин В.Н., Шташевская Н.А. Технология строительства в особых условиях (курс лекций). – Брест: Издательство БрГТУ, 2005. – 132 с.

2. Чернюк В.П., Пчелин В.Н., Юськович Г.И., Семенюк С.М. Методические указания к проведению практических занятий по курсу «Технология строительства в особых условиях» и выполнению раздела дипломного проекта «Технологическая карта на производство свайных работ» для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство дневной и заочной форм обучения». – Брест: УО «БрГТУ», 2008. – 48 с.

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ КОНСТРУКЦИИ УДАРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗДЕЛЬНОГО ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ

Сократить на 70...75% объем земляных работ, на 20...25% расход бетона, снизить затраты на транспортные перевозки, водоотлив или глубинное водопонижение позволяют свайные фундаменты, ежегодный объем применения которых составляет около 22% от общего объема фундаментов. Применение свайных фундаментов кроме того позволяет снизить в 1,5...2 раза трудозатраты на возведение подземной части, сократить сроки строительства и создать благоприятные условия производства работ. В общем объеме свайных фундаментов доля свай заводского изготовления составляет более 80%, что определяется высокой степенью индустриализации и комплексной механизации при их изготовлении и установке в грунт.

С учетом развития рыночной экономики в республике правительство особый упор делает на кардинальное ускорение научно-технического прогресса.

Одним из направлений ускорения научно-технического прогресса является разработка и широкое внедрение новых технических и технологических энергоэкономных решений, а именно:

- новых конструкций свай с пониженной энергоемкостью установки в грунт и повышенной удельной несущей способностью;

- новых энергоэкономных способов, машин и механизмов для погружения свай в грунт.

Важное место в решении поставленных задач отводится, так как наиболее частыми свай заводского изготовления погружаются в грунт забивкой (как наиболее простым способом с точки зрения его реализации), повышению эффективности сваебойного оборудования, которое в настоящий момент характеризуется высокими энергозатратами, вследствие низкого коэффициента полезного действия (К.П.Д.) удара, на забивку свай в грунт.

Анализ патентных источников показал, что развитие молотостроения в настоящий момент осуществляется по следующим направлениям:

- использование новых принципов действия молотов;

- увеличение моторесурса молотов за счет упрощения и повышения надежности конструкций;

- обеспечение возможности регулировки энергии удара в процессе погружения свай;

- увеличение энергии одного удара;

- повышение К.П.Д. удара посредством:

- увеличения времени ударного импульса;

- увеличения соотношения масс ударной части молота и погружаемой сваи μ ;

- обеспечения возможности погружения составных телескопических свай.

Результаты исследований, приведенные в [1], показывают, что наиболее целесообразным соотношением масс ударного груза и сваи является $\mu = 1...4$, так как дальнейшее увеличение μ уже мало влияет на К.П.Д. и энергоемкость, а уменьшение μ ниже единицы дает повышенные значения энергоемкости и низкие величины К.П.Д. погружения свай. Причем увеличение μ от единицы до двух позволяет повысить К.П.Д. удара в 2,3 раза.

Увеличение μ может быть достигнуто посредством:

- увеличения массы ударной части молота, что ограничивается грузоподъемностью копра или копровой установки;

- уменьшения массы погружаемой сваи или ее части, взаимодействующей с ударной частью молота.

Для реализации второго направления используется раздельный метод погружения составных телескопических свай. При этом, благодаря снижению энергозатрат на преодоление сил трения по боковой поверхности, происходит, кроме повышения К.П.Д. удара за счет увеличения μ , дополнительное снижение энергоемкости забивки сваи в грунт.

Проведенный патентный поиск показал, что для реализации раздельного погружения составных свай вообще отсутствует необходимое оборудование.

Для устранения существующего пробела всталла необходимость в разработке устройства для раздельного погружения составных свай.

За основу при разработке устройства для раздельного погружения сваи принят фрикционный молот (рис. 1), содержащий корпус с направляющими и ударную часть, расположенную между фрикционными роликами, один из которых выполнен с радиальным секторным выступом и соединен с приводом вращения.

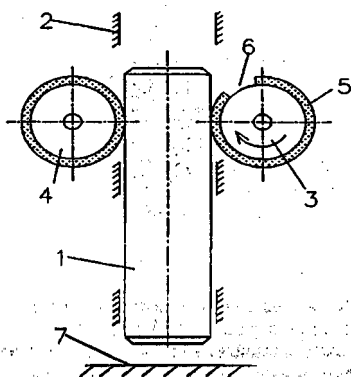


Рис. 1 — Фрикционный молот по авт. св. СССР № 996634:

- 1 — ударная часть;
- 2 — направляющие;
- 3 — приводной ролик;
- 4 — прижимной ролик;
- 5 — секторный выступ;
- 6 — секторный вырез;
- 7 — шабот

Предлагаемое ударное устройство состоит из корпуса с вертикальными направляющими 4, в которых установлена с возможностью продольного перемещения ударная часть 5, снабженная соосным выступом 6 (рис. 2).

На корпусе ударного устройства закреплен механизм подъема ударной части 5 в виде диаметрально расположенных относительно ударной части 5 опорного 7 и приводного 8 фрикционных роликов, причем приводной ролик 8 выполнен с радиальным секторным выступом 9 и соединен с приводом вращения.

Для обеспечения попеременного нанесения ударов по сердечнику 3 и полуму стволу 2 составной сваи 1 ударное устройство содержит установленный с возможностью перемещения в горизонтальных направляющих 10 промежуточный ударник 11 с соосным сквозным вертикальным отверстием 12, привод перемещения промежуточного ударника 11 (на чертежах не показан) и упоры 13, фиксирующие рабочее и нерабочее положение промежуточного ударника 11.

В рабочем положении промежуточный ударник 11 занимает положение, соосное с ударной частью 5 (рис. 2, б), а в нерабочем — выходит за пределы вертикальных направляющих 4 корпуса ударного устройства (рис. 2, а).

Соосный выступ 11 ударной части 5 выполнен с возможностью свободного прохождения через сквозное отверстие 12 промежуточного ударника 11 в его рабочем положении, и взаимодействующим при нанесении удара в нерабочем положении промежуточного ударника 11 с сердечником 3 составной сваи 1, причем нижний торец промежуточного ударника 11 выполнен с возможностью взаимодействия в его рабочем положении при нанесении удара с полым стволом 2 составной сваи 1, а верхний торец — с нижним торцом 14 ударной части 5.

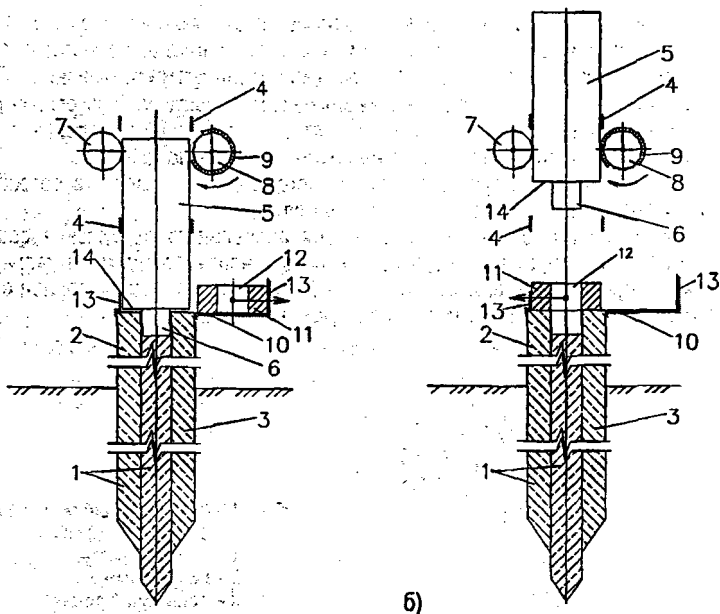


Рис. 2 - Ударное устройство для раздельного погружения составных свай по патенту РБ № 4861 [2]: а) в момент нанесения удара ударной частью по сердечнику составной сваи; б) в момент нанесения удара ударной частью по полому стволу составной сваи; 1 - составная свая; 2 - полый ствол; 3 - сердечник; 4 - вертикальные направляющие; 5 - ударная часть; 6 - соосный выступ; 7 - опорный фрикционный ролик; 8 - приводной фрикционный ролик; 9 - радиальный секторный выступ; 10 - горизонтальные направляющие; 11 - промежуточный ударник; 12 - отверстие; 13 - упоры; 14 - нижний торец ударной части

Высота соосного выступа 6 ударной части 5 принимается не менее максимального отказа сердечника 3 при нанесении по нему удара ударной частью 5 по всей глубине погружения сваи 1, а высота промежуточного ударника 11 - равной высоте соосного выступа 6 ударной части 5.

Причем масса взаимодействующих с ударной частью при нанесении удара полового ствола 2 и сердечника 3 составной сваи 1 определена условием обеспечения возникающего при этом отказа полового ствола 2 сваи 1 не менее отказа сердечника 3 составной сваи 1, что обеспечивает нормальную работу устройства.

В идеальном случае указанные массы принимаются такими, чтобы отказы полового ствола 2 и сердечника 3 составной сваи 1 были равны.

При необходимости нанесения ударной частью 5 одновременного удара по полому стволу 2 и сердечнику 3 достаточно установить промежуточный ударник 11 в рабочем положении (рис. 2, б).

Ударное устройство работает следующим образом.

Над точкой погружения устанавливается составная свая 1, которая оголовком заводится в направляющие 4 ударного устройства.

В случае нанесения нечетных ударов при вращении приводного фрикционного ролика 8 его секторный выступ 9 входит в контакт с ударной частью 5 и происходит ее подъем за счет сил трения между ударной частью 5 и опорным 7 и приводным 8 фрикционными роликами. Параллельно с подъемом ударной части 5 переходной ударник 11

переводится в горизонтальных направляющих 10 в нерабочее положение за пределы корпуса ударного устройства.

После выхода из зацепления с ударной частью 5 секторного выступа 9 приводного ролика 8 ударная часть 5 падает вниз, нанося удар соосным выступом 6 по сердечнику 3 составной сваи 1 (рис. 2, а).

При нанесении четных ударов параллельно с подъемом ударной части переходной ударник 11 переводится в горизонтальных направляющих 10 в рабочее, соосное с ударной частью 5, положение. При последующем падении ударной части 5 она наносит удар своим нижним торцом 14 по промежуточному ударнику 11 и, через ударник 11, по полому стволу 2 составной сваи 1, при этом соосный выступ 6 свободно заходит в отверстие 12 промежуточного ударника 11 (рис. 2, б).

Так как отказ полого ствола 2 превышает отказ сердечника 3 составной сваи 1 в заключительной стадии нанесения удара по полному стволу 2 (в рабочем положении промежуточного ударника 11), после погружения полого ствола 2 на величину отказа сердечника 3 в результате нанесения предшествующего удара, соосный выступ 6 ударной части 5 упирается в сердечник 3 и в дальнейшем происходит совместное погружение полого ствола 2 и сердечника 3 составной сваи 1, при этом осуществляется выравнивание отказов полого ствола 2 и сердечника 3 (рис. 2, б).

При проведении динамических испытаний составной сваи 1 промежуточный ударник 11 переводят в рабочее положение, благодаря чему обеспечивается одновременное нанесение ударов ударной частью 5 как по полному стволу 2, так и по сердечнику 3 составной сваи 1.

Следует отметить, что ударное устройство для погружения составных свай 1 может также успешно использоваться для погружения в грунт забивкой обычных свай, в этом случае промежуточный ударник находится только в рабочем положении.

Предлагаемое конструктивное решение позволяет примерно в два раза увеличить (в случае если массы полого ствола и сердечника примерно равны) соотношение μ , благодаря чему в 2-2,4 раза снижаются энергозатраты на погружение составных свай в грунт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернюк В.П., Пчелин В.Н., Шашевская Н.А. Технология строительства в особых условиях (курс лекций). – Брест: Издательство БрГТУ, 2005. – 132 с.
2. Патент РБ № 4861, МКИ E 02D 7/00. Ударное устройство для раздельного погружения составной сваи / П.С. Пойга, В.Н. Пчелин, С.М. Семенюк, Г.Г. Сивуда; УО «БрГТУ» (ВУ). – Заявл. 26.02.08; Опубл. 30.12.08; Бюл. № 6 // Афіцыйны бюлетень. – 2008. – № 6.

УДК 624.04

Жданов Д.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.

К РАСЧЕТУ БАЛОК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ НА НЕПОДВИЖНЫЕ НАГРУЗКИ

Рассматривается статический расчет балок на упругом основании методом местных упругих деформаций с использованием следующих гипотез и допущений:

- принимается, что основание (грунт) обладает упругими свойствами и его деформация пропорциональна прикладываемой нагрузке;
- считаем, что между опорной поверхностью балки и основанием существует неразрывная связь, поэтому теоретически в основании могут возникать и растягивающие усилия;
- принимается, что реактивные силы, возникающие в точках основания, пропорциональны упругим осадкам (перемещениям) этих точек.

БУРБ J.

Последняя гипотеза носит название гипотезы Винклера, а рассматриваемое основание называют винклеровым основанием. Упругую реакцию для таких оснований можно выразить зависимостью

$$r = cby, \quad (1)$$

где b – ширина балки со стороны ее опирания на основание; c – коэффициент постели, представляющий реакцию единицы площади основания (грунта) при его осадке, равной единице; y – прогиб балки.

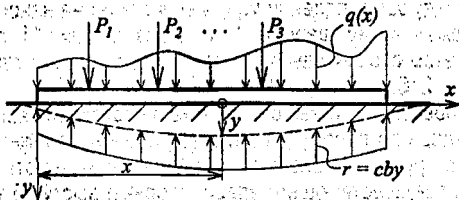


Рис. 1 – Расчётная схема балки

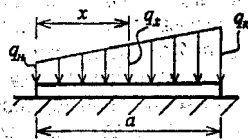


Рис. 2 – Трапецидальная нагрузка

Значения коэффициента постели устанавливаются опытным путем или для различных видов оснований принимаются из справочников [1].

Балка, лежащая на сплошном упругом основании, является статически неопределимой системой. Интенсивность реакции в каждой точке связана с прогибом балки в этих точках и, следовательно, для решения задачи необходимо найти уравнение изогнутой оси балки, в соответствии с которым можно будет определить внутренние силы в балке. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки имеет вид [2]

$$Ely'' = M$$

Продифференцировав это выражение дважды, и учитывая, что

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = q^*$$

где q^* – распределенная нагрузка, действующая на балку и включающая внешнюю нагрузку q и реакцию основания r , то есть

$$q^* = q - r,$$

получим

$$Ely'''' = q - r,$$

или с учётом (1)

$$Ely'''' + cby = q. \quad (2)$$

В случае отсутствия внешних распределенных нагрузок уравнение будет однородным, т.е.

$$Ely'''' + cby = 0$$

или

$$y'''' + 4\lambda^4 y = 0,$$

где

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{cb}{4EI}}$$

Общее решение однородного уравнения определяется в виде

$$y = e^{-\lambda x} (C_1 \sin \lambda x + C_2 \cos \lambda x) + e^{\lambda x} (C_3 \sin \lambda x + C_4 \cos \lambda x). \quad (3)$$

Частное решение уравнения (2) ищется в форме соответствующей зависимости изменения функции нагрузки $q(x)$. Для нагрузки, распределенной по трапецидальной зависимости (рис. 2),

$$q_x = q_n + \frac{q_k}{a} x,$$

частное решение уравнения (2) определяется степенной функцией

$$y^* = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + K.$$

Подставив её в (2), найдем:

$$A = 0, \quad B = 0, \quad C = 0, \quad D = \frac{q_k}{a} \cdot \frac{1}{4\lambda^4}, \quad K = \frac{q_n}{bc}.$$

В результате частное решение получим в виде

$$y^* = \frac{q_n + \frac{q_k}{a} x}{bc}. \quad (4)$$

Для равномерно распределенных нагрузок

$$q(x) = q_0 = q$$

частное решение имеет вид

$$y = q/bc.$$

В результате полное решение уравнения (2) принимает вид

$$y = e^{-\lambda x} (C_1 \sin \lambda x + C_2 \cos \lambda x) + e^{\lambda x} (C_3 \sin \lambda x + C_4 \cos \lambda x) + \frac{1}{bc} \left(q_n + \frac{q_k}{a} x \right). \quad (5)$$

Постоянные C_1, C_2, C_3 и C_4 находятся из граничных условий.

При действии нескольких сосредоточенных и распределенных нагрузок балку следует разбивать на отдельные участки между точками приложения сил. В этом случае необходимо отдельно записывать для каждого из участков решение в виде (3) или (5). При этом на каждом из участков i будем иметь по четыре граничных условия для определения постоянных C_1, C_2, C_3 и C_4 . Всего число неизвестных постоянных будет равно $4n$, где n — число участков. Соответственно и число граничных условий должно быть равно $4n$. Могут использоваться следующие граничные условия:

а) на концах балки:

$$y'' = -M_0/EI; \quad y''' = -P_0/EI, \quad (6)$$

где M_0 и P_0 соответственно момент и поперечная сила, приложенные по краям балки;

б) в точках контактов участков:

$$y_i^{кон} = y_{i+1}^{нов}; \quad y_i^{II кон} = y_{i+1}^{II нов}; \quad M_i^{кон} = M_{i+1}^{нов} + M_i; \quad Q_i^{кон} = Q_{i+1}^{нов} + P_i, \quad (7)$$

где $y_i^{кон}$, $y_i^{II кон}$, $M_i^{кон}$, $Q_i^{кон}$, $y_{i+1}^{нов}$, $y_{i+1}^{II нов}$, $M_{i+1}^{нов}$, $Q_{i+1}^{нов}$ — соответственно прогиб, угол поворота, момент и поперечная сила на конце i -го участка и в начале следующего участка; M_i и P_i сосредоточенные момент и сила, приложенные в точках контактов участков.

После определения постоянных C_i подставим их в (5), и, дифференцируя, получим зависимости для определения прогиба, изгибающего момента и поперечной силы в любом сечении балки:

$$\theta = y' = \lambda(C_1 e^{-\lambda x} (-\sin \lambda x + \cos \lambda x) + C_2 e^{-\lambda x} (-\sin \lambda x - \cos \lambda x) + C_3 e^{\lambda x} (\sin \lambda x + \cos \lambda x) + C_4 e^{\lambda x} (-\sin \lambda x + \cos \lambda x)), \quad (8)$$

$$M = EI y'' = 2\lambda^2 (C_1 e^{-\lambda x} (-\cos \lambda x) + C_2 e^{-\lambda x} (\sin \lambda x) + C_3 e^{\lambda x} (\cos \lambda x) + C_4 e^{\lambda x} (-\sin \lambda x)), \quad (9)$$

$$Q = EI y' = 2\lambda^3 (C_1 e^{-\lambda x} (\sin \lambda x + \cos \lambda x) + C_2 e^{-\lambda x} (-\sin \lambda x + \cos \lambda x) + C_3 e^{\lambda x} (-\sin \lambda x + \cos \lambda x) + C_4 e^{\lambda x} (-\sin \lambda x - \cos \lambda x)). \quad (10)$$

Рассмотрим пример расчета, используя изложенную методику.

Исходные данные: $c = 16200$ кН/м³, $b = 1$ м, $h = 0,6$ м, $E = 2700$ МПа.

Схема балки и нагрузки на нее приведены на рис. 3.

Определим параметры балки:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{1 \cdot 0,6^3}{12} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4;$$

$$EI = 2700 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 4,86 \cdot 10^5 \text{ кН/м}^3;$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{c \cdot b}{4EI}} = \sqrt[4]{\frac{1,62 \cdot 10^4}{4 \cdot 4,86 \cdot 10^5}} = 0,302 \text{ 1/м}.$$

Введем обозначение $v = x\lambda$.

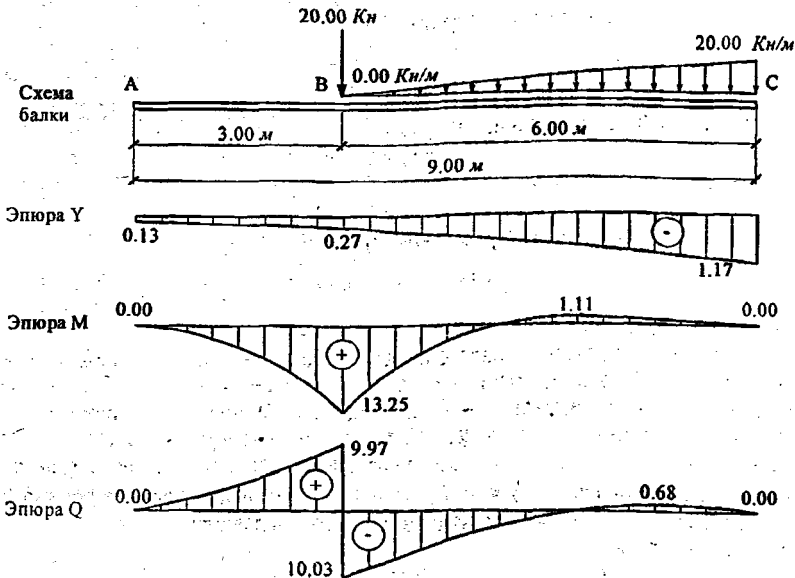


Рис. 3 – Эпюры прогибов, моментов и поперечных сил

Используя граничные условия в точках А, В и С, получим систему разрешающихся уравнений.

В точке А при $x_1 = 0$ ($v_1 = x_1 \lambda = 0$) граничные условия имеют вид (6):

$$M = Ely'' = 0; \quad Q = Ely''' = 0.$$

Подставив их в (9) и (10), получим уравнения:

$$C_1' - C_3' = 0;$$

$$C_1' + C_2' + C_3' - C_4' = 0.$$

(11)

В точке В при $x_1 = 3$ ($v_2 = x_2 \lambda = 0,906$) условия контакта участков запишутся в виде (7):

$$y' = y''; \quad \theta' = \theta''; \quad M' = M''; \quad P' = P'' + P.$$

Подставив их в (5), (8)–(10) получим уравнения:

$$0,318 C_1' + 0,249 C_2' + 1,949 C_3' + 1,526 C_4' - 0,318 C_1'' - 0,249 C_2'' - 1,949 C_3'' - 1,526 C_4'' = -\frac{0}{bc};$$

$$-0,069 C_1' - 0,567 C_2' + 3,475 C_3' - 0,423 C_4' + 0,069 C_1'' + 0,567 C_2'' - 3,475 C_3'' + 0,423 C_4'' = -2,06 \cdot 10^{-4}; \quad (12)$$

$$-0,25 C_1' + 0,318 C_2' + 1,526 C_3' - 1,949 C_4' + 0,25 C_1'' - 0,318 C_2'' - 1,526 C_3'' + 1,949 C_4'' = \frac{0}{2\lambda^2 \cdot EI};$$

$$0,567 C_1' - 0,069 C_2' - 0,423 C_3' - 3,475 C_4' - 0,567 C_1'' + 0,069 C_2'' + 0,423 C_3'' + 3,475 C_4'' = 7,349 \cdot 10^{-4};$$

В точке С при $x_3 = 9$ ($v_1 = x_1 \lambda = 2,718$), аналогично точке А, будем иметь:

$$\begin{aligned} 0,06 C_1^{II} + 0,027 C_2^{II} - 13,79 C_3^{II} - 6,23 C_4^{II} &= 0; \\ -0,033 C_1^{II} - 0,087 C_2^{II} - 20,01 C_3^{II} + 7,56 C_4^{II} &= 0. \end{aligned} \quad (13)$$

В результате получим систему восьми уравнений, решив которую, найдем постоянные C_i для первого и второго силового участка соответственно:

$$\begin{aligned} C_1^I &= -4,257 \cdot 10^{-5}; & C_2^I &= -2,327 \cdot 10^{-5}; & C_3^I &= -4,257 \cdot 10^{-5}; & C_4^I &= -1,084 \cdot 10^{-4}; \\ C_1^{II} &= -7,121 \cdot 10^{-4}; & C_2^{II} &= -1,239 \cdot 10^{-4}; & C_3^{II} &= -5,993 \cdot 10^{-7}; & C_4^{II} &= -6,083 \cdot 10^{-6}. \end{aligned}$$

Подставив эти постоянные в (5), (8)-(10), получим выражения для определения прогиба, угла поворота и усилий M и Q на участках балки.

На основе полученных выражений построим эпюры прогибов, моментов и поперечных сил (рис. 3), определив их значения в характерных сечениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика. – М., 1985. – 480 с.
2. Строительная механика. Основы теории с примерами расчетов: Учебник / Под ред. А.Е. Сарсяна. – М.: Высш. шк., 2000. – 416 с.

УДК 681.3:624.04

Жданов Д.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.

УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА БАЛОК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Рассматривается создание учебной компьютерной программы статического расчета балок на упругом основании. Расчет выполняется методом местных упругих деформаций на основе методики, изложенной в [1]. На основе данной методики разработан алгоритм и составлена компьютерная программа расчета балок на упругом основании.

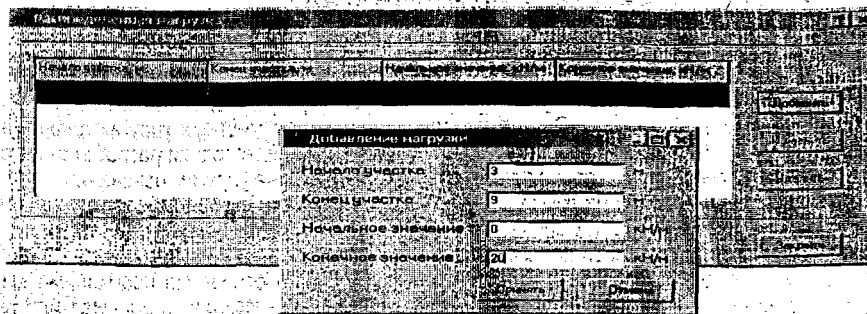
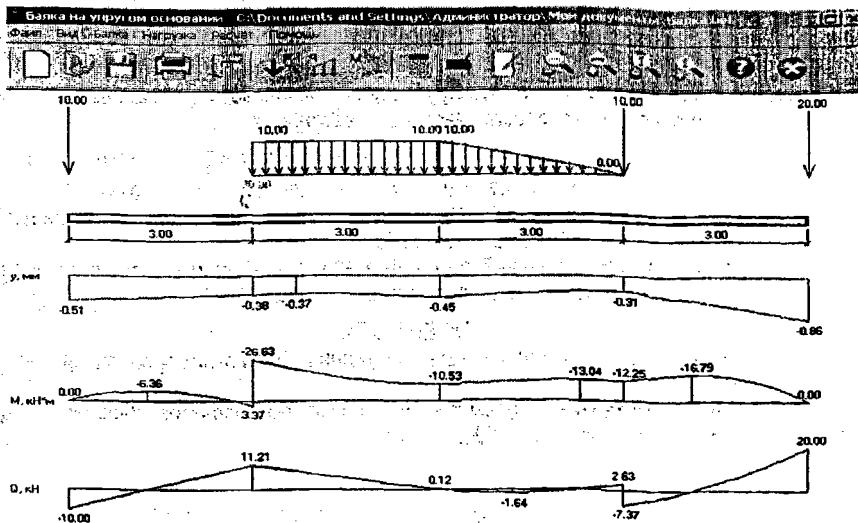
Программа написана на языке C++ [2]. Пользовательский интерфейс реализован в системе Borland C++ Builder. Основное окно программы представлено на рис. 1.

Управление программой производится через строку меню или при помощи панели инструментов. Для ввода исходных характеристик балки и основания необходимо вызвать окно «Исходные данные» через пункт меню «Балка – Исходные данные» или на панели инструментов. Аналогично для ввода или изменения нагрузки, действующей на балку, необходимо вызвать пункт меню «Нагрузка» или с панели инструментов выбрать соответствующий вид нагрузки (сосредоточенная, распределенная, момент) и указать ее параметры (рис. 2).

Результаты расчета представляются как в графическом (в виде эпюр усилий и перемещений), так и в численном (табличном) видах (рис. 1 и 3 соответственно). Расчетные величины могут быть получены в любом промежуточном сечении (рис. 4).

На рис. 1 показан расчет при помощи программы «UrgOs» балки прямоугольного сечения на упругом основании со следующими параметрами: длина – 12 м, ширина – 1 м, высота – 0,6 м, модуль упругости – 27000 МПа, коэффициент постели – 16200 кН/м³. Нагружение балки показано на рисунке.

Разработанная программа «UrgOs» позволяет выполнять расчет балок на упругом основании на основе принятой модели и выполнять исследования влияния параметров на усилия системы. Можно выполнить расчет балки на упругом основании при изменении коэффициента постели по длине балки по любому закону, выполнив аппроксимацию зависимости коэффициента постели и разбив балку на отдельные участки в пределах которых коэффициент постели принимают постоянным. Программа может использоваться в расчетной практике и учебном процессе.



Сечение	После	Исходный расчет, кН/м	Полученный расчет, кН/м
0.0	0.000266829502297	0.95996392399408	-5.93999999999979
0.1	0.0497298160384475	-1.83646319595296	-8.18079819628344
0.2	0.0491687140446681	-2.63340605662226	-7.56996
0.3	0.0486170189239427	-3.35083939973515	-6.77760
0.4	0.0480722007321972	-3.99922326541208	-5.89443
0.5	0.0475355794654106	-4.5997354950637	-5.22002
0.6	0.0470083068739391	-5.03951492972996	-4.45422
0.7	0.0464813782511131	-5.44100149631631	-3.85889
0.8	0.0459546321901593	-5.77317043944793	-2.94784
0.9	0.0454817523069303	-6.03084109546293	-2.20689
1.0	0.045010268924846	-6.21481343818941	-1.47384
1.1	0.04454115607218605	-6.32596741959503	-0.74049
1.2	0.0440959563342099	-6.36476231611957	-0.02063
1.3	0.0436432263191163	-6.33223636804565	0.676954
1.4	0.0432136326737028	-6.22900693948667	1.383476
1.5	0.042796834310381	-6.0576902636529	2.080146
1.6	0.0423824844830496	-5.81319890014477	2.770165
1.7	0.0420000842085168	-5.60195133491041	3.453727
1.8	0.04161895931447095	-5.12638210957166	4.131022
1.9	0.0412484309789805	-4.67594868500111	4.802246
2.0	0.0408874766498525	-4.1624115079969	5.48752

Рис. 3 – Численное представление результатов расчета

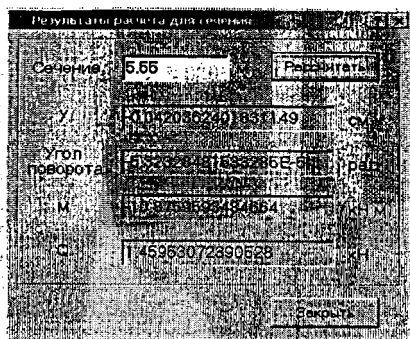


Рис. 4 – Результаты расчета для сечения

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданов Д.А., Игнатюк В.И. К расчету балок на упругом основании на неподвижные нагрузки // Сборник конкурсных работ студентов и магистрантов – 2009 / УО «БрГТУ». – Брест, 2009.
2. Как программировать на С: [пер. с англ.] / Х. М. Дейтел, П. Дж. Дейтел. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 912 с.

УДК 691(075)

Самусевич А.Н.

Научный руководитель: к.т.н., ассистент Левчук Н.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ МОДИФИКАТОРОВ В ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРАХ

Вязущие вещества на основе минеральных компонентов использовались с глубокой древности. Применение их на заре цивилизации носило, вероятно, случайный характер. Сознательно использовать искусственный камень стали древние египтяне, за ними античные греки и римляне. С повсеместным развитием каменного (кирпичного) строительства смеси на основе минеральных вязущих веществ начинают широко применяться в строительной практике.

Основным толчком в развитии современной науки о бетоне явилось использование различных модификаторов, улучшающих технологические, физико-механические свойства искусственного камня.

Целью работы является изучение практики использования химических модификаторов в портландцементных системах и их роли в технологии строительного производства. В работе представлены отдельные виды модификаторов, технология их введения в бетонную смесь и дана оценка экономической эффективности использования модификаторов в целом.

Виды модификаторов и пластификаторов: регулирующие реологические свойства бетонных смесей; стабилизирующие, пластифицирующие, водоудерживающие добавки; ускоряющие и замедляющие схватывание; добавки для легких бетонов – воздухововлекающие, газообразующие, пенообразующие; повышающие морозостойкость бетона и железобетона; повышающие прочность бетона и коррозионную стойкость; снижающие проницаемость бетона (кольматирующие, водоредуцирующие, повышающие защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре); придающие бетону специальные свойства (гидрофобизирующие, противоморозные).

Использование модифицирующих добавок позволяет также снижать расход цемента, что приводит не только к качественному, но и к определенному экономическому эффекту, поскольку снижается себестоимость материала и транспортные и складские затраты.

Добавки пластификаторы делят на четыре группы или категории по эффективности: суперпластификаторы, сильные пластификаторы, средние пластификаторы, слабые пластификаторы.

В основном в строительном производстве используются комплексные добавки, влияющие на ряд физико-механических свойств. Комплексные добавки условно можно разделить на пять групп: смеси поверхностно-активных веществ (I), смеси поверхностно-активных веществ и электролитов (II), смеси электролитов (III), комплексные добавки на основе суперпластификаторов (IV), сложные многокомпонентные комплексные добавки (V).

В работе представлена сравнительная характеристика эффективности применения наиболее часто используемых модификаторов СП-7М и С-1. В таблице 1 рассмотрены технологические свойства и экономическая эффективность применения пластификатора С-1 в бетонных смесях при производстве сборных железобетонных конструкций:

Таблица 1

Наименование показателей	Изменение показателей по сравнению с составом без добавки	
	При В/Ц = const	ОК = const
Сокращение времени и интенсивности вибрации (либо сокращение числа вибраторов, в отдельных случаях отказ от вибрации)	в 3-5 раз	в 1.3-1.5 раза
Экономия электроэнергии при приготовлении, транспортировании и укладке бетонной смеси	в 2.5-3.5 раза	в 1.1-1.3 раза
Снижение трудозатрат при изготовлении изделий	в 2-3 раза	в 1.2-1.4 раза
Увеличение срока службы вибраторов, форм, сокращение затрат на их ремонт	в 1.5-2 раза	в 1.1-1.3 раза
Улучшение поверхности изделий, уменьшение количества пор (при горизонтальном формовании)	в 1.1-1.3 раза	в 1.05-1.15 раза
Снижение температуры изотермического прогрева	на 10-15 °С	на 15-20 °С
Увеличение производительности труда	на 10-20%	на 20-30%

Большинство суперпластификаторов вводится в бетонную смесь в виде водного раствора рабочей концентрации. Рабочая концентрация применяемого раствора выбирается потребителем исходя из требований технологии, условий применения и удобства в использовании. Готовить раствор добавки для бетона желательно при положительной температуре окружающей среды в тщательно очищенных и промытых емкостях, защищенных от попадания осадков.

Во время экономического кризиса и стремительного роста цен на строительные материалы расчет экономической эффективности несколько затруднителен, однако некоторые расчеты предоставлены в работе: количества добавки, вводимой в бетонную смесь и экономическая эффективность использования модификатора.

Пример расчета количества добавки вводимой в бетонную смесь.

Предположим, что количество вводимой добавки, в бетонную смесь составляет 0.5%. Расход добавки на 100 кг цемента: $X = 100 \cdot 0,5\% / 100\% = 0,5$ кг абсолютно сухого суперпластификатора. Добавка вводится в виде раствора рабочей концентрации (в данном примере – 35%). Следовательно $X = 100\% \cdot 0,5 / 35\% = 1,429$ кг раствора рабочей концентрации из расчета на 100 кг цемента. Если дозирование рабочего раствора добавки осуществляется в литрах, а не в килограммах, то: $V = m/d$, где: m – масса рабочего раствора добавки в кг; d – плотность 35% раствора добавки рабочей концентрации г/см (см. табл. 4). $V = 1,429 / 1,185 = 1,206$ л добавки на 100 кг цемента. Если на 1 м. расходу-

ется, например, 360 кг цемента, то при дозировке 0,5% добавки получаем рабочий раствор суперпластификатора: $1,206 \cdot 3,6 = 4,342$ л (на 360 кг цемента). Если дозирование происходит в килограммах, то: $1,429 \cdot 3,6 = 5,144$ кг (на 360 кг цемента). Во всех случаях сможем рассчитать необходимое количество добавки, вводимой в бетонную смесь.

Экономическая эффективность выражается в расчете затрат на производство и реализацию модификатора

$$Э_{\text{ед.}} = 3_1 - 3_2,$$

где 3_1 — продажа модификатора (рыночная стоимость);

3_2 — приведенные затраты производства модификатора.

К затратам на производство относятся следующие расходы: вода (количество * стоимость), стоимость реагентов для получения модификатора, цемент (количество * стоимость), затраты на электроэнергию для получения раствора затворения (количество * стоимость), фильтрация (если необходима), сушка, термообработка модификатора (если необходима), транспортировка, срок хранения.

Важным фактором использования суперпластификаторов является возможность снижения температуры тепловой обработки изделий (~ на 30%), что положительно отражается на их качестве. Таким образом, снижение температуры тепловой обработки бетона или её продолжительности, а также улучшение удобоукладываемости бетонных смесей позволяют существенно сократить энергозатраты на производство железобетонных и бетонных конструкций.

Использование модификаторов и пластификаторов эффективно как с технологической, так и с экономической точек зрения. Химические добавки, используемые в строительном производстве, значительно снижают энергозатраты на приготовление и укладку бетона, улучшая технологические свойства, способствуют уменьшению расхода цемента. С использованием модификаторов бетона долговечность конструкций увеличивается. Добавки помогают достичь высоких показателей отпускной и проектной прочности бетона.

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что рынок добавок для бетона сейчас находится на стадии формирования. Предположительно уровень потребления модификаторов будет продолжать расти. Это связывается с тем, что объемы капитального строительства продолжают увеличиваться, и сейчас имеется большое количество зданий и сооружений, которые требуют реконструкции.

Таким образом, можно совершенно точно говорить и о росте объемов потребления модифицирующих бетон добавок.

УДК 691

Боровая Ю.А., Костючик Ю.И.

Научный руководитель: к.т.н., ассистент Левчук Н.В.

ПРОБЛЕМА КАПИЛЛЯРНОГО ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Важное достижение науки о бетоне, в частности, разработки научных основ защиты бетона и железобетона от коррозии и повышения долговечности, заключается в том, что коррозионная стойкость бетона зависит от проницаемости цементного камня и бетона для жидких и газообразных агентов, а также от фазового состава и пористости цементного камня. В связи с этим заслуживает особого внимания вопрос об использовании специально синтезированных добавок, оказывающих влияние на процессы структурообразования и кристаллизацию продуктов гидратации.

Вводимые в незначительных количествах добавки оказывают влияние на параметры кристаллизации, на морфологию новообразований (внешний вид фаз, их форму, размер, удельную поверхность), изменяя структуру материала за счет микро-

воздуха(газо) вовлечения, природу поверхности затвердевшего камня, тем самым определяют важнейшие свойства цементного камня и бетона (прочность, пористость и др.).

Все поры в бетоне можно классифицировать по месту нахождения в его объеме на три вида: поры цементного камня, поры заполнителя и контактные поры на поверхности раздела цементного камня и заполнителя. Их размеры и количество влияют на коррозионную стойкость бетона.

Кроме пор, образующихся при затворения цемента, из-за вовлечения воздуха при перемешивании смесей и недостаточного уплотнения, или от недостатка цементного теста для заполнения промежутков между частицами заполнителя могут появляться поры, образовавшиеся в процессе твердения цементного камня. Это приводит к появлению в нем трещин, а также промежутков между частицами твердой фазы, не заполненных в дальнейшем продуктами гидратации. Появляются эти промежутки вследствие неполного уплотнения бетонной смеси или предусмотренного уже составом бетона недостаточного количества цементного камня, или раствора для заполнения всего объема, занимаемого бетоном, что характерно, например, для крупных пористых и фильтрационных бетонов [1,9].

Вода в дисперсных системах является не только растворителем, но и средой, в которой осуществляется перенос растворенных веществ. При этом, в зависимости от механизма влагопереноса и массообменных параметров капиллярно-пористых материалов, интенсивности миграции, а также характер перераспределения в них растворенных веществ может быть различными [4,8]. Формирование слоев связанной воды вблизи поверхности силикатных частиц коллоидных размеров тесно связано с формированием коагуляционной сетки в дисперсии.

С появлением суперпластификаторов и высокодисперсных кремнеземсодержащих материалов отмечается новый этап в технологии бетона. Оптимальное сочетание указанных добавок, а при необходимости совмещение с ними других органических и минеральных материалов в небольших количествах позволяет регулировать реологические свойства бетонных смесей и модифицировать структуру цементного камня на микроуровне так, чтобы придать бетону свойства, обеспечивающие высокую эксплуатационную надежность. Воздействие же модификаторов на сложные коллоидно-химические и физические процессы, происходящие в бетоне, также сказываются на свойствах, отражаются на фазовом составе, пористости, прочности, долговечности цементного камня [2]. В частности, особый интерес представляет введение в бетон модифицирующей добавки коллоидных растворов гидроксида алюминия и гидроксида железа.

Известно, что явление капиллярного осмоса, открытое Б.В. Дерягиным [2,4,6,7,8], состоит в том, что жидкость в капиллярах и порах способна перемещаться под действием гравитации раствора. Причиной капиллярного осмоса является диффузность адсорбционных слоев растворенного компонента. Увлечение потоком жидкости подвижной части диффузных слоев с повышенной (или пониженной) концентрацией растворенного вещества приводит к возникновению гидратации концентрации. В соответствии с уравнениями термодинамики необратимых процессов это обуславливает возможность перекрестного эффекта, а именно — течения жидкости под действием перепада концентраций.

Для обоснования теоретических положений был выполнен комплекс экспериментальных исследований по предварительной модификации портландцемента смесью коллоидных растворов хлорида железа и гидроксида алюминия.

Образцы изготавливались в форме прямоугольных призм размером 4x4x16 см. Для приготовления растворной смеси были взяты компоненты в необходимом соотношении: 510 г песка, 170 г цемента, 85 мл раствора затворения. Растворами затворения являются коллоидные растворы гидроксида алюминия и железа и их смесь.

Коллоидальный раствор гидроксида алюминия получали электрохимическим путем. Пропуская постоянный ток с силой 2А в течение 5-10 мин через электролизер, получают

сы коллоидальный раствор с концентрацией 0.006-0.012 г-экв./л. Концентрация раствора коллоидального гидроксида алюминия определялась методом титрования стандартным раствором соляной кислоты в присутствии метилоранжа. Рабочий раствор представляет собой коллоидный раствор в начальной стадии коагуляции, когда наблюдается опалесценция раствора.

Коллоидный раствор гидроксида железа получали конденсационным методом при гидролизе соли хлорида железа. Для получения раствора железо-хлорид было взято 500 мл дистиллированной воды, нагретой до температуры 80°C. При постоянном помешивании внесли в нее 10 мл 0.1 н раствора FeCl₃.

Образцы цементно-песчаных растворов выдерживали в течение 1 дня, 3-х, 7-ми, 14-ти, 28-ми суток на воздухе при комнатной температуре (t=18°C). Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица 1 – Изменения массы образцов от 1 до 28 суток

Раствор затворения	Масса и изменение массы образцов (г) в течение 28 суток									
	1	3	Δm_1	7	Δm_2	14	Δm_3	28	Δm_4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
вода	585	545	6,8	538	8,03	518	11,5	507	13,3	
Коллоидный раствор Al(OH) ₃	573	553	3,4	549	2,1	541	5,5	538	6,1	
Коллоидный раствор FeCl ₃	522	515	1,3	510	2,2	506	3,1	501	4,2	
Смесь коллоидных растворов в соотношении 1: 1	540	533	2,4	521	3,5	519	3,8	506	6,3	

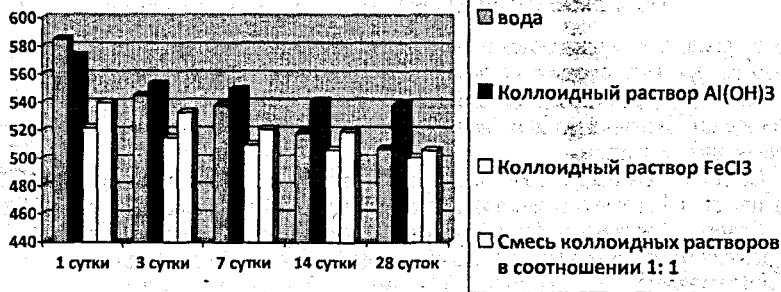


Рисунок 1

Выводы. В работе рассматривались проблемы капиллярного движения воды в готовых бетонных и железобетонных изделиях, проблемы коррозии бетона и арматуры, связанные с капиллярным движением воды. Исследовалась взаимосвязь формирования структуры бетона, в частности, формирования пор на процессы капиллярного движения воды, поскольку условия формирования порового пространства (поры цементного теста или поры, образованные при гидратации и др.), играют большую роль в условиях коррозионного воздействия внешней среды.

Процессы формирования структуры цементного камня изучались по потере массы образцов, затворенных водой, коллоидным раствором Al(OH)₃, коллоидным раствором FeCl₃ и смесью коллоидных растворов, взятых в соотношении 1:1, при твердении в течение 28 суток. Установлено, что наибольшая потеря наблюдается у образцов, затворенных водой, что позволяет предполагать участие коллоидных растворов в процессе структурирования цементного камня.

Учитывая, что материал обычно содержит открытые и закрытые поры и увеличение закрытой пористости за счет открытой приводит к повышению долговечности, а также,

что открытые поры увеличивают проницаемость и водопоглощение, снижая морозостойкость. В работе проводились исследования по формированию открытой пористости в условиях водонасыщения.

Определялось изменение плотности образцов в процессе формирования структуры цементного камня за 1,3, 7, 14, 28 суток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блещик Н.П. Структурно-механические свойства и реология бетонной смеси и прессвакуумбетона.
2. Горчаков Г.И. Строительные материалы.
3. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы
4. Воронков М.Г., Шорохов Н.В. Водоотталкивающие покрытия в строительстве.
5. Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах.
6. Хейфец Л.И., Неймарк А.В. Многофазные процессы в пористых средах.
7. Давидсон М.Г. Водонепроницаемый бетон.
8. Дерягин Б.В., Овчаренко Ф.Д., Чураева Н.В. Вода в дисперсных системах.

УДК 628.162

Вдовиченко И.Г.

Научный руководитель: к.т.н., ассистент Лещук Н.В.

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЗРЫВНЫХ КАМЕР ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В результате механической и биологической очистки городских сточных вод на очистных сооружениях образуются различного вида осадки, содержащие органические вещества. Это отбросы, задерживаемые решетками, осадок, выпадающий в первичных отстойниках, активный ил или биопленка, образующиеся в сооружениях аэробной биологической очистки воды.

Общий объем осадков, как правило, составляет 1% объема обрабатываемых стоков, при этом на долю активного ила приходится 60-70% образующихся осадков [8].

Осадок из первичных отстойников крайне неоднороден по фракционному составу. По данным московских очистных станций, содержание в нем частиц крупностью более 7-10 мм составляет 5-20%, крупностью 1-7 мм – 9-33%, крупностью менее 1 мм – 50-88% массы сухого вещества.

Осадок имеет влажность 92-96%, слабокислую реакцию среды, в значительной степени насыщен микроорганизмами (в том числе патогенными), содержит яйца гельминтов.

Активный ил по фракционному составу значительно однороднее осадка первичных отстойников; около 98% (по массе) частиц ила имеют размер менее 1 мм. Влажность активного ила в зависимости от принятой схемы обработки составляет 96-99,2%. Хлопья ила, состоящие из большого числа многослойно расположенных клеток микроорганизмов, заключенных в слизь, обладают очень развитой удельной площадью поверхности, составляющей около 100 м² на 1 г сухого вещества. Так же как осадок, ил может быть заражен яйцами гельминтов.

Твердая фаза осадков городских сточных вод состоит из органических и минеральных веществ. Органическая, или беззольная, часть в осадке из первичных отстойников составляет 65-75% массы сухого вещества, в иле – 70-75%. Соответственно зольность осадка колеблется от 25 до 35%, ила – от 25 до 30%.

Основными компонентами беззольной части осадка и ила являются белково-, жиро-, углеводоподобные вещества, в сумме составляющие 80-85%. Остальные 15-20% при-

ходятся на долю лигнино-гумусового комплекса соединений. Количественные соотношения отдельных компонентов в осадке и иле различны.

Если в беззольном веществе осадка преобладают жироподобные вещества и углеводы, то в активном иле значительную часть органического вещества составляют белки. Осадки сточных вод содержат ценные удобрительные вещества (азот, фосфор, калий, микроэлементы) и могут быть использованы в качестве удобрения [12].

Химический состав осадков, по данным Курьяновской станции азрации (РФ), приведен в таблице 1 [10].

Таблица 1. Химический состав осадков сточных вод

Вид осадка	Белки	Жиры	Углеводы	Азот общий	Фосфор (P ₂ O ₅)	Содержание бактерий Coli в 1 г сухого вещества
	% беззольного вещества			% сухого вещества		
Осадок из первичных отстойников	28-32	25-30	14-18	5-6	3,5-4	10 ⁷ -10 ⁸
Активный ил	40-44	18-23	4-7	8-10	8-9	4.1·10 ⁶ -3·10 ⁷

Состав осадка и ила может меняться в значительных пределах и зависит от состава сточных вод, принятой схемы очистки и других факторов.

Большое содержание органических веществ обуславливает способность осадков быстро загнивать, а высокая бактериальная зараженность, наличие в них яиц гельминтов создают опасность распространения инфекций. Поэтому основной задачей обработки осадков является их обезвреживание – получение безопасного в санитарном отношении продукта.

Осадки сточных вод представляют собой специфический вид отходов. К их особенностям относятся:

- Канализационные осадки представляют повышенную бактериологическую и эпидемиологическую опасность.

- В отличие от других видов отходов, сокращение их количества невозможно, напротив, прослеживается устойчивая тенденция к увеличению их количества. Эта тенденция связана как с ростом населения, так и позитивными социальными изменениями в жизни людей: расширением сети централизованного водоснабжения, улучшением качества очистки сточных вод. В частности, в связи с реконструкцией очистных сооружений канализации в г. Екатеринбурге эта проблема относится к разряду неотложных. За 1 сутки на очистных сооружениях этого города образуется более 100 тонн канализационного осадка (по сухому веществу), что составляет примерно 5000 м³/сутки сырого (с влажностью 98%) и более 500 м³/сутки обезвоженного (с влажностью 80%) осадка [10].

- Канализационные осадки трудно утилизировать, и в большинстве случаев их утилизация - нерентабельное и затратное мероприятие.

- Большое содержание органических веществ обуславливает способность осадков быстро загнивать, а высокая бактериальная зараженность, наличие в них яиц гельминтов создают опасность распространения инфекций. Поэтому основной задачей обработки осадков является их обезвреживание: получение безопасного в санитарном отношении продукта.

В настоящее время основными способами использования и утилизации канализационных осадков являются:

1. Использование в качестве сельскохозяйственного удобрения.
2. Сброс в природные водоемы (океаны, моря, реки).
3. Компостирование.
4. Сжигание.
5. Захоронение.

Сжигание – наиболее распространенный способ термического обезвреживания промышленных отходов. Данный метод применяется, если утилизация осадков сточных вод

невозможна или экономически нецелесообразна. Процесс сжигания осуществляется в печах и топках различных конструкций. Для сжигания осадков наибольшее распространение получили многоподовые печи, печи кипящего слоя и барабанные вращающиеся печи.

Одним из относительно новых способов переработки отходов, в том числе и биологических, является пиролиз.

Замкнутый цикл данного производства исключает загрязнение окружающей среды, и потери земли используемой под свалки отходов. Образующиеся газы и пары улавливаются и перерабатываются в вещества и соединения, находящие применение в промышленности и в других сферах народного хозяйства. Остальные вещества обугливаются при 450°C. Выделяющиеся газы очищаются и нагреваются, причем длинные молекулы углеводородов разрываются на короткие цепочки таких веществ, которые можно утилизировать в качестве горючего или сырья для химической промышленности. При охлаждении этих газов и паров образуются летучие масла, которые могут быть использованы для отопления или как горючее для двигателей.

Однако вышеперечисленные устройства имеют ряд существенных недостатков. Так, многоподовые печи имеют высокую стоимость, большие габариты и ненадежность работы гребковых устройств. Для печей кипящего слоя необходимо устраивать рекуператоры, (теплообменники). Также данный вид печей характеризуется большой запыленностью отходящих газов. Барабанные вращающиеся печи обладают большими линейными размерами и сложностью в эксплуатации. При пиролизе, в особенности протекающем при низких и средних температурах, из-за температурных колебаний и вследствие этого не полностью протекающих реакций возникают такие ядовитые вещества, как диоксин и фуран. Для того чтобы предотвратить возникновение ядовитых веществ, температура при пиролизе должна составлять более 1100°C.

Все данные виды устройств для утилизации осадков сточных вод очистных сооружений объединяет главный недостаток – потребление значительного количества топлива, для обеспечения температуры, необходимой для сжигания осадка.

Сейчас в различных отраслях промышленности все более широкое применение находят взрывные камеры.

Например, взрывная камера КВГ-16, (рисунок 1) разработанная конструкторско-технологическим филиалом института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева (г. Новосибирск) предназначена для проведения работ по материалобработке взрывом в обычных производственных помещениях. В камере можно проводить работы с крупногабаритными длинномерными изделиями по: упрочнению материалов, сварке, резке, штамповке взрывом.



Рисунок 1 – Взрывная камера КВГ-16 [9]

Рабочий объем камеры позволяет также проводить работы по компактированию взрывом порошковых материалов в специальных ампулах.

Взрывная камера KBГ-16 горизонтального типа с выдвижным рабочим столом рассчитана на суммарный максимальный рабочий заряд взрывчатого вещества в тротиловом эквиваленте до 16 кг [9].

Взрывная камера KB-02, также разработанная конструкторско-технологическим филиалом института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева, предназначена для обработки изделий с использованием энергии взрыва, а также для выполнения исследований взрывных процессов. Применение высоковольтного инициирования заряда обеспечивает защиту от инициирования заряда наведенными токами.

Благодаря использованию взрывных камер, можно осуществлять практически все известные взрывные технологии, такие как сварка взрывом, компактирование порошковых материалов, штамповка и др.

Конструкции взрывных камер позволяют использовать их в технологии утилизации боеприпасов, в ювелирном производстве, в горнодобывающей промышленности и в производственных цехах.

Известно, что продуктами пиролиза при утилизации органосодержащих твердых отходов и шла являются: топочный мазут, с различным процентным содержанием серы; газовая смесь, содержащая водород, азот, метан, этан, кислород и другие газы, а также полукокс.

Следовательно, используя в небольших количествах бризантные взрывчатые вещества (то есть вещества, взрывчатое превращение которых протекает в форме детонации) во взрывных камерах, конструкция которых позволяет безопасно и эффективно проводить процесс утилизации осадков сточных вод, можно получать высокие температуры, а при наличии высушенных и спрессованных отходов с очистных сооружений получать продукты, аналогичные продуктам пиролиза.

При взрыве в замкнутом объеме может быть достигнута температура 2500-5000°C, что значительно больше температуры многоподовых печей и пиролизных установок для сжигания осадка сточных вод. Давление, создаваемое при взрыве одного килограмма взрывчатого вещества, может быть равным от 20 до 50 ГПа [2].

Можно создать камеру, позволяющую производить сушку, прессование и сжигание осадков сточных вод очистных сооружений, применяя в качестве источника энергии — энергию взрыва. Кроме того, можно рационально использовать тепло, выделяющееся при работе взрывной камеры.

Параметры такой взрывной камеры зависят от взрывчатых и физико-химических характеристик взрывчатых веществ.

Взрывчатые характеристики: теплота взрыва; температура продуктов взрыва, скорость детонации, бризантность — способность взрывчатых веществ производить при взрыве местное дробление твердой среды, прилегающей непосредственно к заряду [2].

Физико-химические характеристики: чувствительность к механическим и тепловым воздействиям, химическая и физическая стойкость, плотность [2].

В настоящий момент на кафедре инженерной экологии и химии проводится работа по проектированию взрывной камеры для сжигания, прессования и утилизации осадков очистных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев К.К. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Наука, 1966. — 340 с.
2. Андреев С.Г. [и др.]. Физика взрыва. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Физматлит, 2002. — Т. 1-2.
3. Глазов В. М., Павлова Л. М. Химическая термодинамика и фазовые равновесия. — М., 1988.
4. Горбачкий В. Г. Космические взрывы. — М.: 1967. — 210 с.

5. Киреев В. А. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций. – М., 1975. – 256 с.
6. Взрывная камера для синтеза детонационных наноалмазов: пат. № 2323772 РФ кл. В01J3/08 / В.В. Даниленко, Е.В. Даниленко – М., 2008.
7. Селиванов В.В., Кобылкин И.Ф., Новиков С.А. Взрывные технологии. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 650 с.
8. Яковлев С. В., Карелин Я.А. Канализация: Учебник для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
9. <http://www.kti-git.nsc.ru/index.html>
10. <http://www.nki.ru/archive/2000/5/>
11. <http://www.ntpo.com/technologists/>
12. <http://www.we.ur.ru/obzor/traditional.htm>

УДК 624.012.36

Мельничук М. П.

Научные руководители: к.т.н., доцент Кондратчик А.А., аспирантка Санникова О.Г.

КОСВЕННОЕ АРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА

Повышение долговечности железобетонных конструкций связано не только с точным определением условий эксплуатации, но и с применением новых материалов, имеющих специфические характеристики, не присущие, например, обычному тяжелому бетону на портландцементе. К таким материалам относится бетон на напрягающем цементе. Не только повышенные плотность, стойкость к сульфатной и хлорной коррозии, но и способность деформировать арматуру при расширении определяют интерес к нему. Исследования железобетонных конструкций из напрягающего бетона позволяют непрерывно расширять область его применения.

В настоящей работе приведены данные экспериментальных исследований влияния косвенного армирования на деформации напрягающего бетона.

1. Работа косвенной арматуры в элементах

Влияние косвенного армирования на сцепление арматуры с бетоном. На необходимость установки косвенной арматуры указывали Е. Мерш (1904 г.), Ф. Эмпергер, В. Мурашев, И. Ахвердов, Т. Гараи (1933-1939 гг.), Б. Соловьев, И. Овчинников, С. Дмитриев, А. Оатул, М. Холмянский (1970-1981 гг.), Р. Шарипов, Ю. Изотов, Г. Судаков, А. Веселов и т.д. (1982-2006 гг.), отводя ей в основном роль противодействия продольным трещинам в зоне анкеровки продольной арматуры. И.Г. Овчинников [1], проводя целенаправленно исследование влияния косвенной арматуры на сцепление арматуры с бетоном, установил следующее. Косвенная арматура препятствует поперечным деформациям бетона в пределах области силового взаимодействия (область, ограниченная окружностью, на поверхности которой вертикальные перемещения не превышают 5% от величины смещения стержня) и срезу бетона между рифлениями. Увеличивается (до 2 раз) количество трещин, а ширина их раскрытия уменьшается по сравнению с элементом без косвенной арматуры. В образцах без косвенной арматуры разрушающая нагрузка на 25% выше нагрузки, при которой появились радиальные трещины и на 10% выше нагрузки начала скольжения, а в образцах с косвенной арматурой эти показатели были соответственно на 70% и 60% выше.

Все исследователи отмечают, что активное включение косвенной арматуры в работу происходит при появлении и раскрытии трещин, т. е. в элементах из обычного бетона косвенная арматура играет пассивную роль до определенного момента.

Установка сеток косвенного армирования на длине зоны анкеровки в элементах из напрягающего бетона приведет к созданию плоского напряженного состояния [2] в результате преднапряжения арматуры физико-химическим способом (рисунок 1), параметры которого определяются по следующим зависимостям.

Усилие предварительного обжатия бетона, созданного физико-химическим способом, при предварительном напряжении арматуры сеток косвенного армирования:

$$\begin{aligned} P_{CE,x} &= \sum \sigma_{CE,x} \cdot A_x = \sum \epsilon_{CE,x} \cdot E_s \cdot A_x, \\ P_{CE,y} &= \sum \sigma_{CE,y} \cdot A_y = \sum \epsilon_{CE,y} \cdot E_s \cdot A_y. \end{aligned} \quad (1)$$

Величина самоупреждения в бетоне по направлению осей X и Y:

$$\begin{aligned} \sigma_{CE,x} &= P_{CE,x} / A_x = P_{CE,x} / (h \cdot S), \\ \sigma_{CE,y} &= P_{CE,y} / A_y = P_{CE,y} / (b \cdot S), \end{aligned} \quad (2)$$

где S — шаг сеток косвенного армирования.

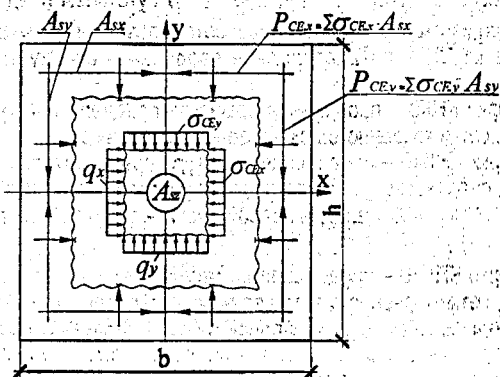


Рисунок 1 — Схема действия усилий в сечении с арматурной сеткой, стержни которой напрягаются физико-химическим способом

Величина связанных деформаций при центральном положении упругого ограничения деформациям с учетом соотношения ρ_x и ρ_y :

а) при $\rho_x \leq \rho_y$

$$\begin{aligned} \epsilon_{CE,x} &= (0,98 + 16\rho_y - 12\rho_x) \epsilon_{CE,x,0}, \\ \epsilon_{CE,y} &= (0,98 + 16\rho_x - 12\rho_y) \epsilon_{CE,y,0}. \end{aligned} \quad (3)$$

б) при $\rho_x > \rho_y$

$$\begin{aligned} \epsilon_{CE,x} &= (0,98 + 16\rho_x - 12\rho_y) \epsilon_{CE,x,0}, \\ \epsilon_{CE,y} &= (0,98 + 16\rho_y - 12\rho_x) \epsilon_{CE,y,0}. \end{aligned} \quad (4)$$

Величина условных связанных деформаций по направлению соответствующих осей:

$$\epsilon_{CE,x,0} = \frac{\sigma_{HCE}}{E_s} = \frac{\sigma_{CE}}{\rho_x \cdot E_s}; \quad \epsilon_{CE,y,0} = \frac{\sigma_{sv,CE}}{E_s} = \frac{\sigma_{CE}}{\rho_y \cdot E_s} \quad (5)$$

Величина самоупреждения бетона:

$$\begin{aligned} \sigma_{CE,x} &= f_{CE,d} \cdot k_{pc} \cdot k_s \cdot k_e \cdot k_w \cdot k_{c,0}, \\ \sigma_{CE,y} &= f_{CE,d} \cdot k_{py} \cdot k_s \cdot k_e \cdot k_w \cdot k_{c,0}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $f_{CE,d}$ — расчетное самоупреждение (МПа), соответствующее марке напрягающего бетона по самоупреждению (S_p);

k_{px}, k_{py} – коэф-ты, учитывающие влияние величины упругого ограничения расширения;

$$k_{px} = \sqrt{\frac{1,57 \rho_{lx}}{0,0057 + \rho_{lx}}}; \quad k_{py} = \sqrt{\frac{1,57 \rho_{ly}}{0,0057 + \rho_{ly}}} \quad (7)$$

$k_e = 1,0$ (так как элементы упругого ограничения расположены симметрично);

$k_w = 1,0 - 0,18$ (зависит от условий увлажнения элемента);

$k_{c,0} = 1,0$ (при прочности бетона к началу интенсивного увлажнения в пределах 7,5...10 МПа).

2. Результаты экспериментальных исследований влияния косвенной арматуры на деформации напрягающего бетона

Исследования были выполнены на образцах размером 120x120x1500 мм из напрягающего бетона. Все образцы имели продольное армирование из 1Ø14 S800 ($\rho_l = 1,06\%$). Образцы отличались наличием или отсутствием предварительного напряжения арматуры до изготовления образцов и сеток косвенного армирования, а именно:

- образец марки СН – преднапряжение продольной арматуры и сетки косвенного армирования отсутствуют;

- образец марки КНК0 – продольная арматура предварительно напряжена механическим способом, сетки косвенного армирования отсутствуют;

- образец марки КНК40 – продольная арматура предварительно напряжена механическим способом, сетки косвенного армирования установлены (в левой части – сетки С-1, шаг 40 мм, $\rho_{sk} = 0,82\%$, $r/\varnothing = 2,86$; в правой части – сетки С-2, шаг 40 мм, $\rho_{sk} = 0,82\%$, $r/\varnothing = 2,14$);

- образец марки КНК80 – продольная арматура предварительно напряжена механическим способом, сетки косвенного армирования установлены (в левой части – сетки С-1, шаг 80 мм, $\rho_{sk} = 0,41\%$, $r/\varnothing = 2,86$; в правой части – сетки С-3, шаг 80 мм, $\rho_{sk} = 0,41\%$, $r/\varnothing = 1,43$).

Конструктивное решение сеток дано на рисунке 2. Сетки установлены на участке длиной 160 мм, начиная с сечения, отстоящего от торца образца на 40 мм.

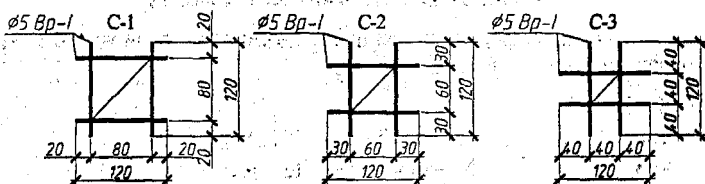


Рисунок 2 – Конструктивное решение сеток косвенного армирования

Предварительное напряжение арматуры выполнялось механическим способом (величина предварительного напряжения арматуры составила 508,25 МПа, 496,43 МПа, 514,15 МПа для образцов марки КНК0, КНК40 и КНК80 соответственно) с последующим закреплением на торцах силовой рамы (рисунок 3).

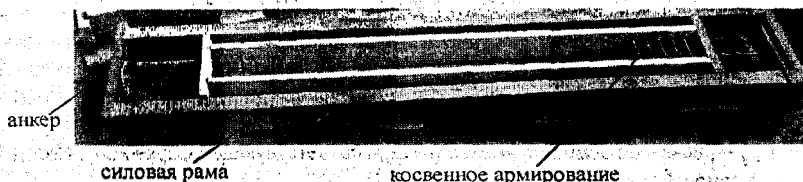
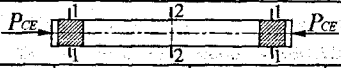


Рисунок 3 – Армирование опытных образцов

Самонапряжение бетона составило 1,75 МПа, 1,80 МПа, 1,85 МПа в возрасте 10 суток, 17 суток и 28 суток соответственно, а кубиковая прочность бетона – 24,2 МПа и 40,7 МПа в возрасте 9 суток и 28 суток соответственно. Измерение деформаций бетона выполняли переносной миссурой по реперам, наклеенным на бетонную поверхность образцов. Первые сутки образцы хранились в воздушно-сухих условиях; начиная со 2 по 28, сутки, образцы увлажнялись раз в сутки и укрывались полиэтиленовой пленкой.

Деформации бетона припорного участка образца марки СН с арматурой, напрягаемой физико-химическим способом, отличаются от деформаций бетона образца марки КНК0 на таком же участке на +47,5% и -11,5% в возрасте 3 и 28 суток, от деформаций бетона образца марки КНК40 на +25% и -25%, а для образца марки КНК80 на – 12,5% и – 8,75% соответственно. Это указывает на существенное влияние сеток косвенного армирования на величину деформаций напрягающего бетона. На рисунке 4 приведено сопоставление средних деформаций бетона на припорном и среднем по длине образца участках. Отношение $\epsilon_c^{-1}/\epsilon_c^{-2}$ указывает не только на эффективность содержания косвенной арматуры ($\rho_{sk} = 0,82\%$ и $\rho_{sk} = 0,41\%$), но и на влияние наличия арматуры в активной зоне взаимодействия продольной арматуры с бетоном ($\rho_{sk} = 0,82\%$, $r/\varnothing = 2,86$ и $\rho_{sk} = 0,82\%$, $r/\varnothing = 2,14$).



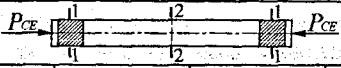
Возраст	$\epsilon_c^{-1}/\epsilon_c^{-2}, \%$				
28 сут.	66,1%	98%	95,6%	75,6%	60,9%
10 сут.	73%	98%	85,3%	77,2%	55,6%
7 сут.	87,6%	81,4%	93%	74,1%	70,6%
6 сут.	74,4%	97,4%	89,7%	61,1%	63,2%
4 сут.	30,7%	166,6%	75%	66,7%	44,5%
3 сут.	26,3%	166,6%	222,2%	150%	100%
Марка образца	КНК0	КНК40		КНК80	
		левая часть	правая часть	левая часть	правая часть
ρ_{sk}	0%	0,82%	0,82%	0,41%	0,41%
r/\varnothing	-	2,86	2,14	1,43	2,86

Рисунок 4 – Влияние косвенного армирования на деформации расширения напрягающего бетона

Закключение. Для железобетонных элементов из напрягающего бетона могут быть искусственно созданы участки с фиксированным обжатием продольной арматуры бетоном, что приведет к увеличению сцепления на локальном участке. Такой участок предлагается называть линейным самонапряженным анкером, а в зависимости от его положения по длине элемента – торцевым или внутренним.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников И.Г. Влияние косвенного армирования на сцепление стержневой арматуры с бетоном / И. Г. Овчинников // Материалы Всесоюзного научно-технического совещания в г. Челябинск. "Сцепление арматуры с бетоном" – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1971. – С. 88-94.
2. Марчук В. А. Деформации и собственные напряжения несимметрично двухосно армированных плоских элементов из напрягающего бетона на стадии его расширения: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Марчук Виталий Алексеевич. – Брест., 2002. – 176 с.

ВЛИЯНИЕ ОБЖАТИЯ БЕТОНА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ ПОЛОГО ОТОГНУТОЙ АРМАТУРОЙ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Предварительно напряженные элементы промышленных зданий массового производства на заводах сборных железобетонных конструкций изготавливаются с применением натяжения арматуры на упоры стенда или силовых форм. В основном в конструкциях применяется прямолинейная напрягаемая арматура по причине меньшей трудоемкости её натяжения по сравнению с натяжением арматуры ломаного очертания. Продольное армирование приопорных зон при этом, как правило, избыточно. В ряде случаев это приводит к значительным продольным растягивающим напряжениям и появлению трещин в верхней зоне приопорных участков при отпуске натяжения арматуры. В то же время в поперечном направлении обжатие бетона, весьма целесообразное в данном случае, отсутствует.

Благодаря отгибу части продольной арматуры, как свидетельствуют результаты экспериментов [2,3,4,5], повышается сопротивление элемента действию поперечных сил. При этом решаются и другие важные вопросы: рассредотачивается напрягаемая арматура по торцу балки, создается обжатие бетона опорных частей в вертикальном направлении и уменьшается вероятность образования горизонтальных трещин на концевых участках, улучшаются условия бетонирования зон передачи преднапряжений с арматуры на бетон.

В отечественных нормах [1] отгибы отнесены к одному из видов поперечного армирования, однако роль их в оценке сопротивления действию внешних усилий имеет неоднозначность и даже определенную противоречивость. Наличие поперечной и отогнутой арматуры, по мнению большинства исследователей, приводит к уменьшению угла наклона наклонных трещин, образующихся в опорной зоне балок и, вследствие этого, при применении оценки прочности наклонных сечений метода стержневой модели (ферменной аналогии) несущая способность сжатого подкоса выше несущей способности растянутого опорного раскоса, что не удовлетворяет заложенным принципам данного метода. По этой причине применение вышеуказанной методики расчета железобетонных элементов на действие поперечных сил ограничивается углом наклона отогнутой арматуры $\alpha = 23^\circ - 60^\circ$ ($1 \leq \cot \theta \leq 2,5$; θ – угол наклона сжатого подкоса); однако в реальных балочных конструкциях при применяемых соотношениях высоты к длине 1/8-1/20 угол отгиба может составлять $12^\circ - 20^\circ$. Кроме того, при отсутствии поперечного армирования стержневая модель оценки несущей способности наклонных сечений норм, СНБ 5.03.01-02 [1], неприменима в целом, так как ортогональная поперечная арматура, заменяющая растянутый раскос условно выделенной из балки фермы, отсутствует.

Принятые отечественные нормы позволяют производить расчет прочности наклонных сечений и по двум другим методикам: на основе расчетной модели наклонных сечений (метод предельных усилий) и используя упрощенный деформационный метод расчета.

Согласно расчетной модели наклонных сечений, обеспечение прочности наклонных сечений по поперечной силе обеспечивается сопротивлением бетона как сплошного тела, так как концептуально принято, что при отсутствии поперечной арматуры разрушение по наклонным сечениям происходит одновременно с образованием наклонной трещины. Однако наличие полого отгиба по всему пролету среза отдалает момент разрушения балки после образования магистральных наклонных трещин [5].

В наибольшей степени учет роли отогнутой арматуры в сопротивлении действующей

щим усилиям возможен при использовании упрощенного метода деформационной модели расчёта прочности наклонных сечений норм. При данном подходе расчёт прочности на действие поперечных сил основывается на учёте "вклада" бетона, поперечной и отогнутой арматуры одновременно.

Согласно условиям этого метода [1] прочность по наклонным сечениям оценивается по выражению:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{Rd,sy} \quad (1)$$

Поперечное усилие, воспринимаемое наклонным сечением (V_{Rd}), включает в себя поперечное усилие, воспринимаемое поперечным армированием ($V_{Rd,sy}$) и бетоном ($V_{Rd,c}$), которое определяется величиной главных растягивающих напряжений:

$$V_{Rd,c} = \sigma_1 \cdot b_w \cdot l_{inc} \quad (2)$$

Определяющим параметром при нахождении главных растягивающих напряжений является ширина раскрытия диагональных трещин w , которая зависит от главных растягивающих ε_1 и главных сжимающих ε_2 деформаций, а также продольных деформаций ε_x в уровне продольной растянутой арматуры

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + [\varepsilon_x - \varepsilon_2] \cot^2 \theta, \quad (3)$$

$$w = \varepsilon_1 \cdot S_{mo} \quad (4)$$

Как видно из условия (2, 3) для определения прочности по условию 2 необходимо установить величину угла наклона диагональных трещин θ . Для упрощения расчётных процедур допускается при определении θ пользоваться таблицей 7.1 [6] либо графическими зависимостями (рисунок 7.12) [6]. Однако данная таблица и графические зависимости могут использоваться только для элементов с продольной прямолинейной арматурой, а для элементов с отогнутой преднапряженной арматурой неприменимы. В этой связи задача исследования заключалась в определении отличительных особенностей параметров напряженно-деформированного состояния балок с полого отогнутой арматурой, в сравнении с балками, имеющими прямолинейную арматуру.

Для исследования влияния отогнутой преднапряженной арматуры на напряженно-деформированное состояние балки разработана численная расчетная модель для расчёта НДС с помощью ЭВМ.

В качестве метода решения задачи выбрано конечно-элементное моделирование с использованием вычислительного пакета «MSC.visualNastran for Windows», где расчетные модели представляют собой железобетонные балки длиной 300 см с расчётным пролётом 270 см. Рабочая арматура (четыре напрягаемых стержня диаметром 14 мм класса S600) размещается в два ряда с рабочей высотой сечения $d = 25$ см: В балках с отогнутой арматурой (Б0) стержни верхнего ряда в третях пролёта переведены из нижней зоны к верхней грани опорного сечения под углом 12° . В балках с прямолинейной арматурой (БП) все четыре стержня имеют прямолинейную траекторию. В сжатой зоне балок Б0 и БП устанавливались два ненапрягаемых стержня диаметром 12 мм класса S400. Предварительное напряжение в балках обеспечивалось путем введения отрицательной разности температур материалов арматуры и бетона. Необходимый уровень температуры устанавливался путем сравнения максимального выгиба моделируемой балки после создания в ней преднапряжения с данными выгибов экспериментальных балок [5].

Расчеты производились для балок с прямолинейной и отогнутой арматурой при действии на них двух сосредоточенных сил, приложенных симметрично относительно середины пролета балки на расстоянии 850 мм от опор балок. Анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) проводился на стадии предварительного обжатия бетона (рисунок 1) и на стадии загрузки при совместном действии сил обжатия (рисунок 2) балок с прямолинейной и отогнутой арматурой.

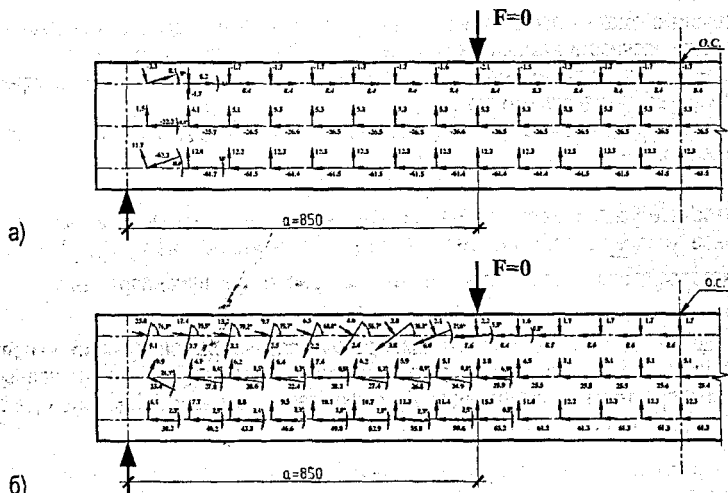


Рисунок 1 – Направление и величины главных деформаций ($\epsilon_b \cdot 10^{-5}$) в балках на стадии предварительного обжатия бетона: а – с прямой арматурой, б – с отогнутой арматурой

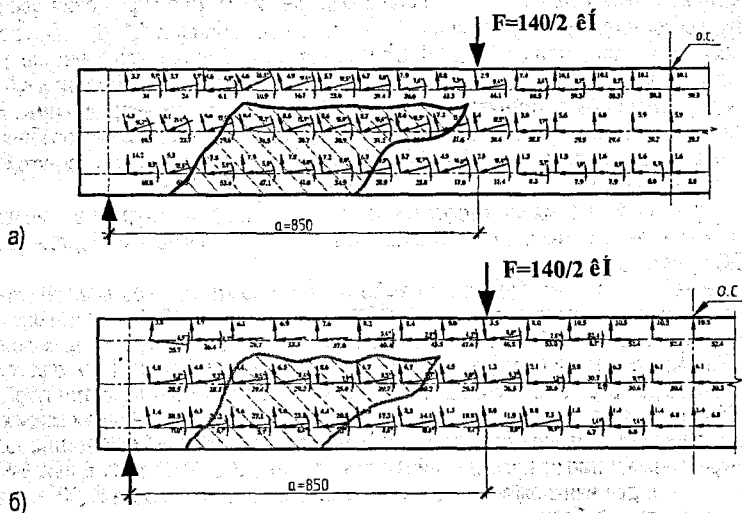


Рисунок 2 – Направление и величины главных деформаций ($\epsilon_b \cdot 10^{-5}$) в балках на стадии загрузки при совместном действии сил обжатия бетона: а – с прямой арматурой, б – с отогнутой арматурой

По результатам численного моделирования получили:

1. В балках с предварительно напряженной прямой арматурой при обжатии бетона в нижней и средней частях сечения по всей длине балок векторы главных деформаций сжатия имеют одинаковую величину и направлены горизонтально, а в верхней зоне сечения векторы главных деформаций удлинения преобладают над деформациями сжатия. В балках с частью отогнутой предварительно напряженной арматурой у нижней грани балки после окончания обжатия, если векторы главных деформаций сжатия направлены

почти горизонтально, то в средней трети высоты сечения опорной зоны векторы сжатия имеют направление к точке приложения усилия в отогнутой арматуре и угол наклона к продольной оси балки составляет $-8^{\circ} + -9^{\circ}$. Данное обстоятельство отразилось на напряженно-деформированном состоянии балок при действии внешней нагрузки.

2. Согласно рассмотренной картине напряженно-деформированного состояния приопорной зоны, при загрузке внешней нагрузкой в балках с прямолинейной напряженной арматурой имеются условия для образования посередине высоты сечения магистральной наклонной трещины. В балках с отогнутой преднапряженной арматурой величина главных деформаций растяжения существенно снижается, в этих условиях происходит образование первоначально слабонаклонных трещин с нижней грани, переходящих с увеличением внешнего нагружения в наклонные. Такая расчетная модель, предполагающая разделение элемента в приопорной зоне наклонными трещинами, начинающимися у растянутой грани, положена в основу деформационного метода расчета прочности наклонных сечений норм [1] и некоторых других методов.

3. В предварительно напряженных балках с отогнутой арматурой главные деформации сжатия имеют более пологое направление по сравнению с балками с прямолинейной арматурой, а направление небольших по величине главных деформаций растяжения приближаются к вертикали. Поэтому в таких балках опорные участки могут не иметь ортогональной поперечной арматуры, а проекция наклонной трещины на продольную ось достигать большей величины, чем в балках с прямолинейной арматурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. – Стройтехнорм, 2002. – С. 274.
2. Междупэтажные перекрытия переменной высоты тепловых и атомных станций / В.Ф. Старостин, Ю.К. Тритчер, Л.В. Сасонко [и др.] / Бетон и железобетон / – 1986. – № 1 – С. 8-10.
3. Чупак Н.М. Работа железобетонных балок с отогнутой преднапрягаемой арматурой / Совершенствование строительных конструкций и строительного производства. – Кишинев: Штинца. – 1984. – С. 76-81.
4. Технично-экономические показатели стропильных балок с отогнутой продольной арматурой / Н.Н. Цыганков, Ю.В. Дмитриев, Л.В. Сасонко [и др.] // Промышленное строительство / – 1970. – № 10 – С. 21-22.
5. Малиновский В.Н. Соппротивление предварительно напряжённых железобетонных балок из высокопрочного бетона с отогнутой стержневой арматурой при изгибе с поперечной силой: автореф. дис. на соиск. учёной степени канд. техн. наук. – Л., 1988.
6. Железобетонные конструкции. Основы теории расчёта и конструирования // Учебное пособие для студентов строительных специальностей. Под редакцией проф. Т.М. Пецольда и проф. В.В. Тура. – Брест: БрГТУ, 2003. – 380 с.
7. Малиновский В.Н. Некоторые особенности деформирования и расчета нормальных сечений предварительно напряженных балок с полого отогнутой арматурой // Вестник БрГТУ. – 2003. – № 1: Строительство и архитектура. – С.76-79.

УДК 332.146

Стельмашук М.М., магистрант

Научный руководитель: к.э.н., доцент Козинец М.Т.

ИННОВАЦИОННЫЙ РЕЙТИНГ В ОЦЕНКЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ

В настоящий момент в условиях жесткой конкуренции на рынке, падения спроса и уровня жизни населения, вызванных мировым финансовым кризисом, для любой стра-

ны и региона мира актуален вопрос привлечения инвестиций. В связи с этим оценка и рейтинг инвестиционной привлекательности любой страны и региона становятся одним из важнейших вопросов дальнейшего развития.

Критический анализ современного состояния белорусской экономики, проблем, связанных с обострением международной конкуренции и достаточно мощным влиянием мирового финансового кризиса, позволяет сделать следующий вывод: в Республике Беларусь, несмотря на реализуемый курс на инновационную модель экономики, сохраняется достаточно низкий уровень инновационной активности. Поэтому ключевым вопросом в формировании имиджа страны на мировых рынках на сегодняшний день выступает именно «инновация» на всех уровнях экономики.

Законом Республики Беларусь от 19 января 1993г. N 2105-XII «Об основах государственной научно-технической политики» были определены следующие понятия:

- **инновационная деятельность** – деятельность, обеспечивающая создание и реализацию инноваций;

- **инновации (нововведения)** – создаваемые (осваиваемые) новые или усовершенствованные технологии, виды продукции или услуг, а также организационно-технические решения производственного, административного, коммерческого или иного характера, способствующие продвижению технологий, продукции и услуг на рынок;

- **научно-техническая деятельность** – деятельность, включающая проведение прикладных исследований и разработок с целью создания новых или усовершенствования существующих способов и средств осуществления конкретных процессов. К научно-технической деятельности относятся также работы по научно-методическому, патентно-лицензионному, программному, организационно-методическому и техническому обеспечению непосредственного проведения научных исследований и разработок, а также их распространения и применения результатов.

Инновации принято разделять на:

- продуктовые, которые связаны с изменениями в продукции;
- технологические, распространяющиеся на методы производства;
- нетехнологические, затрагивающие факторы социального характера, организационные, экономические формы хозяйственной деятельности.

Сегодня инновации формируют конкурентоспособность страны, фирмы, отрасли и отдельного региона. Таким образом, преимуществом на рынке будут пользоваться страны с наиболее высоким инновационным рейтингом. Иными словами, инновации оказывают существенное влияние на инвестиционную привлекательность. Следовательно, при построении модели региональной инвестиционной привлекательности важное место должно быть отведено инновационному рейтингу.

В модели региональной инвестиционной привлекательности все факторы можно разделить на 3 основные группы:

1. Оценка геополитического положения;
2. Определение места региона в международных отношениях;
3. Рейтинговая оценка внутренних факторов конкурентоспособности.

В рамках такой группы, как внутренние факторы конкурентоспособности, можно выделить критерий инновационной активности региона. Однако провести количественную оценку «инноваций» достаточно сложно, поскольку информация, необходимая для осуществления расчетов, является закрытой, кроме того, достаточно сложно определить, по каким критериям относить те или иные предприятия к инновационным, и трудно оценить объем инноваций.

На текущий момент в выработке и реализации государственной научной, научно-технической и инновационной политики преобладает отраслевой подход. Недостаточно прорабатывается региональный аспект, что характеризуется неравномерным распреде-

лением научного и научно-технического потенциалов по регионам страны. Региональная инновационная деятельность формируется исходя из политики страны в отношении науки и инноваций, политики и стратегии местных органов власти, а также деятельности региональных субъектов.

Так, инновационная активность предприятий может быть разделена на четыре типа инновационного поведения:

- Тип «Закупка оборудования» (примерно 47% предприятий, осуществляющих технологические инновации) характеризуется относительно высокими долями затрат на инновации и инвестиции в выручке. Это, как правило, небольшие компании, занятые в низкотехнологических и добывающих отраслях, а также государственные компании. Такие предприятия не слишком сильно интересуются различными источниками информации об инновациях, отдавая предпочтение рыночным каналам. Они не очень активны в кооперационных связях, в системе передачи знаний играют роль «аккумуляторов» инновационного капитала. В этой группе технологические инновации лишь в 70% случаев поддерживаются организационными, причем основной акцент делается на контроле качества и новых методах организации труда.

- «Смешанный тип» (44%) отличается сбалансированным распределением затрат на инновации. Доминируют закупки машин и оборудования, программных средств, затраты по проведению собственных исследований и разработок. Этот тип характерен для крупных средне- и высокотехнологичных предприятий, компаний иностранной и смешанной формы собственности. Эти предприятия обычно получают информацию, необходимую для осуществления инновационной деятельности из самых разнообразных источников, пользуются всем спектром средств защиты интеллектуальной собственности, активно аккумулируют инвестиционный капитал. В то же время их вклад в передачу знаний выражен слабо. Инновационная деятельность поддерживается масштабным реструктурированием организационной структуры и бизнес-процессов.

- Тип «Исследования и разработки» (8%) характеризуется концентрацией инновационных затрат на финансировании собственных исследований и разработок. Эта модель наблюдается в крупных компаниях средне- и высокотехнологичных отраслях. Их поведение в целом похоже на действия предприятий смешанного типа. Исключением является более выраженная функция генерации знаний.

- Неинновационные предприятия (80-90% от общего количества предприятий в регионе).

Таким образом, основной задачей любого региона является увеличение количества предприятий инновационных типов, а также качественный и количественный рост объема инноваций.

Обобщая различные источники, а также отечественную и зарубежную практики, можно отметить, что для осуществления инновационной деятельности необходимо наличие инновационного потенциала предприятия, который характеризуется как совокупность различных ресурсов, включая:

- интеллектуальные (технологическая документация, патенты, лицензии; бизнес-планы по освоению новшеств, инновационная программа предприятия);

- материальные (опытно-приборная база, технологическое оборудование, ресурс площадей);

- финансовые (собственные, заемные, инвестиционные, федеральные, грантовые);

- кадровые (лидер-новатор; персонал, заинтересованный в инновациях; партнерские и личные связи сотрудников с НИИ и вузами; опыт проведения НИР и ОКР; опыт управления проектами);

- инфраструктурные (собственные подразделения НИОКР, отдел главного технолога, отдел маркетинга новой продукции, патентно-правовой отдел, информационный отдел, отдел конкурентной разведки);

• иные ресурсы, необходимые для осуществления инновационной деятельности.

Аналогичными критериями могут руководствоваться местные органы государственно-го управления при анализе инновационного потенциала региона, поскольку частично эти факторы уже учитываются в модели региональной инвестиционной привлекательности. Таким образом, в оценке инновационного рейтинга можно выделить следующие критерии:

• наличие субъектов инновационной инфраструктуры (научно-технические парки, бизнес-инкубаторы и т.д.) и степень их развития (количество участников, масштаб их деятельности, оборот, количество работников и т.д.);

• доля инновационных предприятий в общем объеме предприятий региона;

• общий объем финансирования научно-технических и инновационных разработок (из средств республиканского бюджета, из внебюджетных источников, а также из областного инновационного фонда).

Основным инструментом государственной поддержки инновационных процессов в регионах Республики Беларусь выступают региональные научно-технические программы (РНТП). Организацию разработки и выполнения их обеспечивает участие органов местного управления, выбор приоритетов научно-технической деятельности ведется с учетом особенностей каждой области.

За 1999-2008 гг. в состав РНТП включено более 180 основных заданий, общий объем финансирования которых составил около 16 млрд. руб., включая 7,9 млрд. руб. (порядка 4,5 млн. USD) из средств республиканского бюджета. Тематика программ соответствует структуре хозяйственных комплексов регионов: для нужд машиностроения и металлообработки выполнялось около 30% всех заданий; для сельскохозяйственной и перерабатывающей отраслей – 25%, приборостроения и энергетики – 17%, в области химии, экологии и рационального использования природных ресурсов – 20% и т.д. По завершенным 127 заданиям создано более 220 наименований объектов новой техники, технологических процессов, материалов, других видов научно-технической продукции. Общие итоги РНТП, позволяющие произвести оценку региональной инновационной активности, представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Оценка региональной инновационной активности

Область	Объем выпуска новой продукции, созданной по РНТП, млрд. руб.	Объем финансирования, млрд. руб.	Соотношение объема выпуска новой продукции и затрат
Брестская	1,2	1,5	0,8
Витебская	9,35	1,1	8,5
Гомельская	4,8	3,2	1,5
Гродненская	8,5	1,7	5
Минская	3,6	4	0,9
Могилевская	40,5	4,5	9

В качестве ключевого критерия оценки инновационного рейтинга может выступать соотношение объема выпуска продукции и затрат (объема финансирования). Таким образом, максимальный рейтинг получит Витебская область, в то время как минимальный – Брестская область.

Таким образом, региональный рейтинг инвестиционной привлекательности будет иметь следующий вид:

1. г. Минск (14,12 балла);
2. Минская область (10,26 балла);
3. Гомельская область (9,99 балла);
4. Витебская область (9,52 балла);
5. Гродненская область (8,39 балла);
6. Брестская область (8,22 балла);
7. Могилевская область (7,80 балла).

Таким образом, действия региональных органов власти должны быть направлены на улучшение инновационного потенциала региона путем увеличения количества региональных научно-технических программ, роста количества инновационных предприятий и объемов финансирования. Это в определенной мере позволит повысить инвестиционную привлекательность регионов и их рейтинг.

УДК 332.146

Стельмашук М.М., магистрант

Научный руководитель: к.э.н., доцент Козинец М.Т.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ

В основе инвестиционной привлекательности региона лежит оценка инвестиционно-климата (привлекательности) стран, а также различные рейтинги стран мира.

История оценок инвестиционной привлекательности началась в середине 60-х годов XX в. когда были разработаны и применены первые такого рода оценки инвестиционного климата стран мира. Исследование Гарвардской школы бизнеса, основанное на экспертной шкале, являлось одним из первых в этом направлении. Оценка инвестиционного климата страны включала следующие характеристики: законодательство для иностранных и национальных инвесторов, уровень инфляции, состояние национальной валюты, политическая ситуация, возможность вывоза капитала и возможность использования национального капитала. Однако этот круг показателей был ограничен и недостаточно детален для объективного отражения условий, принимаемых во внимание инвесторами.

В дальнейшем сравнительная оценка инвестиционной привлекательности стран разрабатывалась путем усложнения и расширения системы параметров, оцениваемых экспертами, и введения количественных (статистических) показателей. Наиболее часто использовались следующие показатели: тип экономической системы, состояние инфраструктуры, макроэкономические показатели (объем ВВП, структура экономики и др.), участие государства в экономике, обеспеченность природными ресурсами, условия развития внешней торговли.

В настоящее время комплексные рейтинги инвестиционной привлекательности стран мира периодически публикуются ведущими экономическими журналами мира: *Euromoney*, *Fortune*, *The Economist*.

Наиболее известной и авторитетной комплексной оценкой инвестиционной привлекательности стран мира является рейтинг журнала *Euromoney*, на основе которой дважды в год (в марте и сентябре) осуществляется оценка инвестиционного риска и надежности стран. Ее основу составляют девять групп показателей: состояние экономики (25%); уровень политического риска (25%); кредитоспособность (10%); состояние задолженности (10%); неспособность к обслуживанию долга (10%); доступность банковского кредитования (5%); доступность краткосрочного финансирования (5%); доступность долгосрочного ссудного капитала (5%); вероятность возникновения форс-мажорных обстоятельств (5%). Значения данных показателей определяются экспертно либо расчетно-аналитическим путем, измеряются в 10-балльной шкале и затем взвешиваются в соответствии со значимостью того или иного показателя и его вкладом в итоговую оценку.

Рейтинг *Institutional Investor* оценивает в первую очередь кредитоспособность стран и складывается при участии экспертов 100 ведущих международных банков, которые определяют наиболее существенные с точки зрения рисков факторы. При принятии решений инвесторы анализируют также специальные кредитные и финансовые рейтинги стран. На разработке таких специализированных рейтингов наиболее авторитетные экс-

партные агентства и консалтинговые компании т.н. «большой шестерки»: Moody's, Standard & Poor's, Arthur Andersen, IBCA и др. Например, Standard & Poor's предоставляет различные виды рейтингов в зависимости от рассматриваемых и оцениваемых субъектов.

В зависимости от категории субъекта методика присвоения рейтингов также отличается:

• в отношении компаний анализируются характеристики бизнеса (рынок, позиция в конкурентной борьбе, менеджмент и стратегия) и финансовый профиль (финансовая политика, прибыльность, структура капитала, показатели денежных потоков, финансовая гибкость);

• в отношении региональных и местных органов власти – экономическое положение, предсказуемость развития и устойчивость поддержки системы финансов, качество управления, финансовая гибкость, исполнение бюджета, ликвидность и управление долгом, долговая нагрузка, условные обязательства;

• в отношении банков – бизнес-факторы (позиция на рынке, структура собственности, стратегия и менеджмент), финансовые факторы (качество активов, прибыльность, фонды и управление ликвидностью, капитал).

Таким образом, компании Moody's, Arthur Andersen, Standard & Poor's, IBCA рассматривают рейтинги не только с позиций разных субъектов, но и с позиций применения различных критериев для оценки, а также различных видов рейтинга.

Близкими к оценке инвестиционной привлекательности по целям исследования являются рейтинги конкурентоспособности стран мира, разрабатываемые группой экспертов Мирового экономического форума, а также ежегодные доклады Мирового банка. Сравнительный анализ различных рейтингов позволяет выделить наиболее значимые критерии при определении инвестиционной привлекательности не только стран, но и отдельных регионов, однако для того чтобы сделать полноценное объективное исследование, необходимо рассматривать не страны, а регионы и существующие подходы к их оценке.

Поскольку в РФ проблема оценки инвестиционной привлекательности регионов пока недостаточно изучена и опыт в этой области незначителен, целесообразно проанализировать российские подходы к оценке региональной инвестиционной привлекательности.

Первый подход основан на выявлении основополагающего фактора, характеристики, с помощью которой можно однозначным образом определить инвестиционную привлекательность региона. В качестве таких факторов могут выступать «рыночная реакция регионов» (Гусева К.В.); «институты общества» (Зулькарнаев И.У.); «имидж региона» Стеценко А. и Бениксов Е. Также к числу определяющих факторов относят динамику валового внутреннего продукта, национального дохода и объемов производства промышленной продукции, развитие инвестиционных рынков. Данный подход характеризуется сравнительной простотой анализа и расчетов. Он достаточно универсален, и его можно использовать для исследования инвестиционной привлекательности хозяйственных систем разного уровня. С другой стороны, этот подход игнорирует другие факторы, тем или иным образом оказывающие влияние на развитие региона.

Второй подход опирается на анализ целого ряда факторов, которые, с точки зрения своего влияния на инвестиционную привлекательность региона, считаются равноценными. Причем каждый фактор характеризуется определенным набором показателей: характеристики экономического потенциала, общие условия хозяйствования, развитость рыночной инфраструктуры, политические факторы, социальные, социокультурные, организационно-правовые, финансовые и другие. Несомненно, этот подход обладает рядом преимуществ: позволяет сделать выводы об инвестиционных перспективах развития регионов, оценить большинство показателей статистическими методами, дает возможность обоснования достоверности полученных результатов – применение критерия степени корреляционной связи между рассматриваемыми показателями. Однако существует и определенный недостаток – «непрозрачность» методики выделения факторов инвестиционной привлекательности.

Сторонники третьего подхода (Марченко Г., Мачульская О., Ананькина Е. и др.) также анализируют широкий набор факторов, однако инвестиционная привлекательность рассматривается как агрегированный показатель, который определяется двумя характеристиками — инвестиционным потенциалом и инвестиционным риском (методика РА «Эксперт»). Такой анализ позволяет не только оценить возможности региона и потенциальные масштабы бизнеса, но и сопоставить их с различными видами рисков. Рейтингом является распределение регионов по значениям совокупного потенциала и интегрального риска на 12 групп с различным уровнем потенциала и риска.

В методике, предлагаемой РА «Эксперт», рассматривается более 200 показателей, характеризующих 8 видов рисков (экономический, финансовый, политический, социальный; экологический, управленческий, криминальный и законодательный) и 8 видов потенциала (ресурсный, трудовой, производственный, инновационный, инфраструктурный, институциональный, финансовый и потребительский). Следует отметить, что в оценке принимают участие не только эксперты самого агентства, но и осуществляется опрос экспертов из российских и зарубежных инвестиционных, консалтинговых компаний и предприятий.

Основными преимуществами данного подхода являются: непредвзятость, учет значимости факторов, определяющих инвестиционный потенциал и инвестиционный риск, доступность и простота интерпретации для иностранных инвесторов, так как методика принадлежит к основному направлению общепринятой в мировой практике системы мониторинга и оценки. Тем не менее, у методики есть и ряд недостатков: отсутствие взаимосвязи инвестиционной привлекательности и инвестиционной активности, субъективность мнения экспертов, отсутствие ясности методики оценки инвестиционного потенциала и рисков при сведении в интегральный показатель.

Более подробный и детальный анализ методики исследования инвестиционных рейтингов, предлагаемой рейтинговым агентством «Эксперт», позволяет сделать вывод о возможности ее применения для осуществления оценки областей Республики Беларусь. Однако в этом случае необходимо принять во внимание, что Россия представляет собой федеративное государство, т.е. каждый округ, входящий в ее состав, имеет больше полномочий, а значит и больше различий во всех сферах общественной жизни и экономике. В то же время области Республики Беларусь по многим показателям, анализируемым данным агентством, окажутся практически идентичными, в связи с чем отпадает необходимость их исследования и сравнения. С другой стороны, несмотря на то, что области Республики Беларусь являются небольшими территориями, по многим показателям существуют значительные различия в уровне их развития, а значит, и значения инвестиционных рейтингов могут сильно варьироваться.

В рамках существующих подходов к оценке инвестиционной привлекательности регионов можно выделить ряд методов, используемых для диагностики условий и факторов, оказывающих влияние на развитие регионов. Их можно разделить на три группы: экономико-математические методы, методы факторного анализа, методы экспертных оценок.

В 60-е годы XX века в области оценки эффективности капиталовложений преобладали экономико-математические методы. В эту группу методов входят: корреляционный и дисперсионный анализы, различные модели межотраслевого баланса, методы оптимизации и математического моделирования. В настоящее время они применяются в комплексе с качественными методами.

Факторный анализ используется при необходимости исследования огромного числа различных показателей. Суть метода заключается в анализе показателей и составлении укрупненных групп (факторов), состоящих из близких по смыслу критериев. Дальнейший анализ ведется не по каждому показателю в отдельности, а с укрупненной группой — фактором.

На современном этапе все наиболее распространенным является метод экспертных оценок. Главное его преимущество перед другими методами заключается в том, что эксперт может пользоваться не только количественной информацией, основанной на временных статистических показателях, но и разовой нерегулярной информацией качественного характера. Оценка инвестиционной привлекательности региона в данном случае предполагает всесторонний анализ, основанный как на установлении количественных характеристик изучаемого объекта, так и на аргументированных суждениях и мнениях руководителей и специалистов.

Принцип метода заключается в следующем: регионы сначала анализируются по факторно. Затем по каждому фактору дается обоснование базы сравнения (рассчитывается средняя величина или наиболее часто встречающееся значение в совокупности), эту величину принимают за единицу. Впоследствии в зависимости от конкретного значения и нормативной величины остальные значения также переводят в коэффициенты.

Методики факторного анализа и экспертных оценок позволяют ранжировать регионы в группы со сходными условиями инвестиционной деятельности. В результате данной операции составляется рейтинг, то есть линейный ряд объектов, в котором по совокупности выбранных критериев регионы располагаются на равном расстоянии друг от друга. Каждому из них присваивается номер (ранг), соответствующий его месту в общем ряду. Наиболее предпочтительному объекту среди рассматриваемых обычно назначается первый ранг.

На основе полученных результатов и абсолютных значений показателей осуществляется группировка регионов. В этом случае каждый регион относится к определенному классу (типу) объектов, выделенному экспертами по сочетанию условий инвестирования и уровню предпочтительности для инвесторов. Таким образом, решение об осуществлении инвестиционной деятельности в том или ином регионе принимается инвестором, исходя из присвоенного региону рейтинга инвестиционной привлекательности. На сегодняшний день это наиболее полный, объективный и популярный способ принятия решения.

Общий анализ существующих методик выявляет присущие им преимущества и недостатки. Так, например, методика экспертной оценки инвестиционной привлекательности регионов учитывает как количественные показатели, оказывающие воздействие на инвестиционный климат (социальные, политические, экономические, природные и т.д.), так и качественные (отношение к иностранным предпринимателям, степень доверия населения к региональным властям и т.д.). Хотя в большинстве случаев предпочтение все же отдается анализу количественных показателей регионального развития. Привлечение к анализу опытных экспертов также определяет достоверность полученных результатов. Ранжирование регионов с помощью факторного метода проводится с использованием статистических данных, отражающих ситуацию в регионе. Кроме того, факторный метод учитывает взаимодействие многих факторов, дифференцированный подход к различным уровням экономики, регионам при определении инвестиционной привлекательности.

В то же время существует ряд методологических упущений, которые снижают эффективность разработанных методов оценки инвестиционной привлекательности. Так, например, величина получаемого ранга не дает возможности определить реальную дистанцию между участниками рейтинга (регионы, занимающие 6-е и 7-е места, могут иметь разницу по величине признака, положенного в основу группировки, и 0,1% и 10%). Кроме того, оценки экспертов субъективны, на них оказывают влияние различные факторы, что приводит к различной интерпретации одних и тех же экономических показателей и явлений. Еще одним существенным недостатком имеющихся методик оценки инвестиционной привлекательности регионов является анализ преимущественно макроэкономических аспектов в ущерб аспектам микроэкономического уровня.

Проанализировав различные методики определения инвестиционной привлекательности, можно выделить основные недостатки существующих исследований:

- отсутствие единого подхода к определению понятия инвестиционной привлекательности;
- разночтения в определении набора учитываемых в оценке показателей;
- недостаточная обоснованность принципов отбора показателей;
- эпизодичность проведения анализа.

Следует отметить, что большинство существующих методик оценки инвестиционной привлекательности регионов не достаточно учитывают существующие отраслевые возможности региона, что приводит к односторонней оценке инвестиционной привлекательности регионов. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что необходима разработка комплексного метода оценки инвестиционной привлекательности регионов Республики Беларусь, который учитывал недостатки существующих подходов, но в то же время был основан на них. При этом важным моментом является определение инвестиционной привлекательности региона с позиции конкретного инвестора. Так как разные инвесторы используют различные пути достижения своей главной цели – получение прибыли от инвестирования, а значит то, что является привлекательным для одного инвестора, может стать фактором риска для другого.

УДК 338.512 + 004.43

Кондратюк М.А., магистрант

Научный руководитель: доцент Аверина И.Н.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЁТА ЗАТРАТ НА ПЛАТФОРМЕ «1С: ПРЕДПРИЯТИЕ 8»

В настоящее время одним из актуальных направлений исследования на микроуровне является анализ методики управления затратами на производство и реализацию продукции предприятия, а также разработка предложений по её совершенствованию с учётом мирового опыта. Данная методика позволяет обеспечить оптимальный уровень издержек производства, максимизировать прибыль, повысить конкурентоспособность предприятия.

Анализируя структуру затрат в мировой практике используют операционный (СVP-анализ) анализ, основными характеристиками которого являются операционный, финансовый и интегральный рычаги.

Операционный рычаг (леверидж) выражает зависимость финансовых результатов операционной деятельности предприятия, при прочих равных условиях, от изменения объема производства и реализации товарной продукции, постоянных расходов и переменных издержек на производство продукции.

В процессе хозяйственной деятельности в целях увеличения прибыли предприятие достаточно часто прибегает к привлечению заёмных средств, что приводит к увеличению постоянных затрат и оказывает влияние на измерение рентабельности собственного капитала. Зависимость уровня дополнительно генерируемой прибыли на собственный капитал при различной доле использования заёмных средств выражает **финансовый рычаг (леверидж)**.

Определение совокупного влияния структуры затрат и структуры капитала на деятельность предприятия, а также управление этими параметрами осуществляется на основе анализа **операционно-финансового рычага (интегрального левериджа)**.

При значительном росте объема активов, в частности, капиталовложениях (инвестициях) в производство, при увеличении накладных расходов происходит рост постоянных затрат. В такой ситуации финансовому менеджеру крайне важно знать, как данное утяжеление постоянных затрат отразится на величине будущей прибыли. Решением данной проблемы может служить предлагаемая зависимость допустимого темпа роста

себестоимости от темпа роста выручки от реализации и объема активов с учетом изменения постоянных затрат (1). Данная формула призвана помочь менеджеру в принятии эффективного управленческого решения в сфере оценки экономической целесообразности изменения уровня постоянных затрат.

$$СВОР_{FC} = \frac{T_{TR} \cdot TM_1 - K \cdot FC_1 - P_T}{P_T \cdot (T_{TR} - 1)} \quad (1)$$

где FC_1 – постоянные издержки отчетного периода в абсолютном выражении;
 T_{TR} – темп роста выручки от реализации, десятичная дробь;
 P_T – прибыль от реализации отчетного периода в абсолютном выражении;
 TM_1 – валовая маржа отчетного периода в абсолютном выражении;
 K – коэффициент роста постоянных затрат, десятичная дробь.

Важно также отметить, что существует достаточно тесная взаимосвязь между операционным и финансовым рычагами (ее можно проследить через величину прибыли от реализации), а также между операционным и интегральным рычагами (через выручку от реализации). Это обстоятельство говорит о том, что изменение постоянных затрат также повлияет на величину этих показателей. Но также следует иметь в виду и то, что расчёт чистой прибыли, которая используется при расчёте финансового и интегрального рычагов, согласно отечественной нормативно-правовой базы имеет ряд особенностей. При этом финансовый рычаг с учётом изменения постоянных затрат можно рассчитать следующим образом:

$$СВФР_{FC} = \frac{((T_{TR} \cdot TM_1 - K \cdot FC_1 - T_E - P) \cdot (1 - T_{TR}) \cdot (1 - T_L) - F - NP_T) \cdot P_T}{NP_T \cdot (T_{TR} \cdot TM_1 - K \cdot FC_1 - P_T)} \quad (2)$$

где NP_T – чистая прибыль отчетного периода;
 P_T – прибыль от реализации отчетного периода;
 T_E – налог на недвижимость в абсолютном выражении;
 P – льготы по налогообложению прибыли в абсолютном выражении;
 T_L – налог на прибыль, выраженный десятичной дробью;
 T_L – ставка местного налога, выраженная десятичной дробью;
 F – штрафы, пени, неустойки, уплачиваемые из чистой прибыли.
 Интегральный рычаг целесообразно вычислить по формуле:

$$СВИР_{FC} = \frac{(T_{TR} \cdot TM_1 - K \cdot FC_1 - T_E - P) \cdot (1 - T_{TR}) \cdot (1 - T_L) - F - NP_T}{NP_T \cdot (T_{TR} - 1)} \quad (3)$$

Отметим достаточно громоздкий вид формул (1)-(3), а также то, что в полученных формулах используются данные, имеющиеся в информационной базе учетной системы предприятия.

Реализовать расчет описанных показателей для РУПП «Брестхлебпром» было решено на платформе «1С: Предприятие 8».

На данном предприятии внедрение «1С: Предприятие 8» находится в начальной стадии. Параллельно на предприятии активно развивается автоматизация управленческого учета для планово-экономической и финансовой служб. Ранее все расчеты этими службами производились, главным образом, в Excel без привлечения специализированных программных средств. В настоящий момент ведутся доработки расчетов с применением VBA и разрабатывается модель реализации управленческих задач на базе платформы «1С: Предприятие 8».

На первом этапе решения автоматизации управленческого учета был предпринят анализ белорусской типовой конфигурации «1С: Предприятие 8» для ведения бухгалтерского учета. Анализ показал отсутствие каких-либо готовых механизмов для реализации управленческого учета в рассматриваемой типовой конфигурации.

В ходе исследования была выработана схема и алгоритмы решения поставленной задачи в условиях типовой конфигурации для бухгалтерского учета. При этом принималось во внимание то, что внедренные доработки должны органично вписаться в имеющийся интерфейс и функционал.

В рамках разрабатываемой модели для автоматизации расчетов показателей по формулам (1)-(3) необходимо углубить аналитический учет затрат, разделяя их на постоянные и переменные. Для реализации этого авторами предлагается:

- добавление в конфигурацию управленческой аналитики – внедрение в справочник «Статьи затрат» реквизита Вид затрат с логическим типом данных: ИСТИНА – постоянные затраты, в противном случае затраты являются переменными;

- доработка диалоговых форм документов, касающихся учета затрат;
- доработка обработок проведения этих документов с целью формирования параллельных проводок по разделению затрат на постоянные и переменные в управленческом плане счетов;

- описание технологии ведения обновленных документов;
- освоение и практическое применение бухгалтерами новых технологий ведения обновленных документов по учету затрат в текущем учетном процессе.

На следующем этапе моделируется интерфейс для планово-экономической и финансовой служб. Он включает перечень автоматизируемых задач управленческого учета. Для реализации каждой из них:

- разрабатывается диалоговая форма, в которой определяются все параметры управления расчетом;

- реализуется непосредственно алгоритм расчета по одной из формул (1)-(3) с привлечением учетных данных;

- разрабатывается форма отчета, которая призвана осуществить анализ и вывести рекомендации для принятия объективного решения.

Для внедрения разработанной модели в «1С: Предприятие 8» предлагается добавить реквизит «Вид затрат» (тип поля «Логический») в уже имеющийся справочник «Статьи затрат». Данный реквизит может принимать значения: Истина – если затраты постоянные, Ложь – затраты переменные. По умолчанию данный реквизит имеет значение «Ложь».

Для разделения понесенных на предприятии затрат на постоянные и переменные предлагается добавить в объектную модель рассматриваемой типовой конфигурации «1С: Предприятие 8» регистр бухгалтерии с названием «Управленческий».

Для отражения в этом регистре движений в разрезе постоянных и переменных затрат требуются доработки все документы типовой конфигурации, в которых затрагиваются затратные счета бухгалтерского учета, а именно: 25 «Общепроизводственные расходы», 26 «Общехозяйственные расходы», 44 «Коммерческие расходы».

К таким документам относятся: начисление зарплаты; акт выполненных услуг; начисление амортизации; списание расходных материалов; износ спецодежды и инвентаря; авансовый отчет.

В диалоговую форму каждого из документов включен запрос, каким видом затрат являются списываемые расходы – переменные они или постоянные. В зависимости от выбора при проведении документа идет параллельное отражение сумм операции в управленческом регистре.

Для сбора информации о затратах на конкретный вид продукции включено взаимодействие со справочником «Номенклатура», где изначально заложены сведения о нормах расхода сырья и материалов на единицу продукции, то есть материальных затрат, которые являются переменными. По информации о налогах и отчислениях с прибыли происходит взаимодействие с соответствующими регистрами бухгалтерии.

Предложенный механизм позволяет средствами стандартных отчетов отследить классификацию и состав понесенных предприятием затрат за любой интересующий период.

Кроме того, для работников планово-экономической и финансовой служб в рабочем режиме «1С: Предприятие 8» будут разработаны и сохранены в отдельных файлах не требуемые конфигурирования разнообразные пользовательские настройки отчетов по решаемым задачам.

Предлагаемая авторами к разработке модель автоматизации учета затрат призвана существенно облегчить процедуру расчёта текущих показателей операционного, финансового и интегрального рычагов, давая тем самым возможность финансовому менеджеру оперативно и взвешенно принимать решение о необходимости увеличения или снижения затрат.

Для РУПП «Брестхлебпром» в сложившейся экономической ситуации как никогда необходимо оперативное и грамотное обоснование принимаемых управленческих решений в области затрат на производство и реализацию продукции. Автоматизация учета затрат станет предпосылкой для дальнейшего развития автоматизации управленческого учета на предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Финансовый менеджмент: теория и практика: учебник / Под редакцией Е.С. Стояновой. – 6-е издание – М.: Издательство «Перспектива», 2006. – 656 с.
2. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия: учебное пособие / Н.П. Любушин [и др.]; под редакцией профессора Н.П. Любушина. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2001. – 471 с.
3. Финансовый менеджмент: учебник / Леонтьев [и др.]. – М.: ООО «Издательство Элит», 2005. – 560 с.
4. Разработка в системе 1С: Предприятие 8.0 / С.А. Митичкин. – ООО «1С-Паблицинг», 2003. – 195 с.
5. Аверина И.Н., Кондратюк М.А. Расчёт леввериджа на платформе «1С: Предприятие 8» // Новые информационные технологии в образовании – 2009 Тез. докл. науч. конф., Москва, 2009 г. / ФГОУВПО «Финансовая академия при Правительстве Российской Федерации» – Москва, 2009. – С. 262.

УДК 159.9

Цеван В.А.

Научный руководитель: к. психол. н., доцент Трифонюк А.Ф.

ПСИХОЛОГИЯ МЕНЕДЖМЕНТА

Современный управленец должен обладать высоким уровнем знаний в области экономики, управленческих процессов, уметь планировать свою деятельность. Но кроме этого, он должен быть специалистом по работе со своими коллегами, подчиненными и противниками, уметь принимать решения в сложных ситуациях, ясно излагать свои мысли. Таким образом, менеджер должен обладать знаниями в области психологии.

Глава I. Понятие психологии, её развитие и место в современном обществе

Сегодня ученые определяют психологию как науку о закономерностях, механизмах и функциях развития психики. Но путь к такому определению был очень долгим. В своем развитии психология прошла два этапа – донаучный и научный.

В период античности (V в до н.э. – V в н.э.) предметом изучения была категория «души». Первым письменным источником, дошедшим до наших дней, был труд Аристотеля о душе. Также эта категория оставалась основной в эпоху средневековья (V-XV вв н.э.).

В период Возрождения предметом изучения становится сознание.

Датой начала научной психологии считается 1879 год, когда в Лейпциге Вундтом была открыта первая психологическая лаборатория. Основным методом изучения был метод самонаблюдения.

В XX веке наблюдается активный процесс дифференциации психологии на многочисленные отрасли. В их числе и управленческая. В системе управления любой сотрудник рассматривается как «чёрный ящик», глухо закрытый на все замки. Если управленец хочет успешно взаимодействовать с персоналом для максимальной эффективности работы, главная его цель – узнать что внутри этого «чёрного ящика».

Глава 2. Психология и управление

2.1 Функции управления

При всём многообразии управленческой деятельности можно выделить четыре взаимосвязанных функции управления: планирование, организация, мотивация и контроль.

Функция планирования заключается в определении того, какими должны быть цели организации и что надо делать для их достижения.

Организовать в данном случае означает создать определённую структуру. Работу в организации выполняют люди, поэтому другим важным аспектом организации является определение того, кто именно будет делать конкретную работу.

Задача функции мотивации заключается в том, чтобы люди выполняли работу в соответствии с делегированными им правами и обязанностями.

Контроль тесно связан с планированием. Он выполняет функцию обратной связи.

Эти функции объединены связующими процессами – коммуникацией (общение, обмен информацией) и принятием решений.

2.2 Личность и распределение обязанностей

Хороший менеджер обязан уметь различать в своих подчинённых тех, кому можно поручить однообразную работу, и тех, кто способен на молниеносные рывки, командировки и опасную для жизни и психики работу.

Распределение обязанностей связано с темпераментом человека. Большинство учёных выделяют четыре типа темперамента.

Сангвиник характеризуется высокой активностью, выразительностью поведения. Могут развиваться трудности сосредоточения внимания. Его можно назвать трудоспособным, но не всегда трудолюбивым. Организаторская работа для него.

Холерик характеризуется высокой активностью с преобладанием возбуждения, резкости, яркости эмоциональных переживаний. Легкость перехода от гнева к веселью. В критические моменты работает долго и неудержимо.

Флегматик имеет сниженную активность во внешней деятельности, но высокую выносливость, работоспособность. Поведение невыразительное, ровное. Флегматик – стратег. Он постоянно сверяет свои действия с перспективой. Его трудно обидеть или вывести из себя.

Меланхолик менее выносливый, с трудом работает в условиях стресса, конфликта. Обладает хорошей координацией внимания, тревожностью, выраженной в высоком чувстве ответственности и неутомимости. На меланхолика нельзя кричать, слишком давить, давать резкие и жёсткие указания, так как он очень чувствителен к интонациям и раним.

Еще одним важным свойством психики личности является характер. Это совокупность существенных устойчивых психических свойств человека, которые проявляются в его отношении к действительности и накладывают отпечаток на поведение и поступки.

В структуре характера выделяют четыре группы основных черт, выражающих отношение личности к определённой стороне деятельности:

- к труду (трудолюбие, склонности к творчеству, добросовестность, ответственность, инициативность, настойчивость, пассивность);

- к другим людям, коллективу, обществу (общительность, чуткость, отзывчивость, уважение, коллективизм, грубость, презрение, индивидуализм);
- к самому себе (чувство собственного достоинства, самокритичность, скромность, самомнение, тщеславие, заносчивость, обидчивость, эгоизм);
- к вещам (аккуратность, бережливость, щедрость, скудность и так далее).

Также личность характеризуется интеллектом. В психологии под интеллектом понимается система психических процессов, обеспечивающих реализацию способности человека оценивать ситуацию, принимать решения и в соответствии с этим регулировать своё поведение.

Учёными выделено несколько основных периодов интеллектуального развития:

- ♦ 18-25 лет – частая смена подъёмов и спадов, неустойчивость и активная перестройка мыслительных функций;
- ♦ 25-36 лет – увеличение устойчивости, снижение уровня произвольной памяти, повышение произвольного внимания, формирование индивидуального стиля умственной деятельности;
- ♦ 36-40 лет – усиление условности интеллекта, появление зрелости суждений и мудрости;
- ♦ после 40 лет – развитие вербального интеллекта, функционирование которого осуществляется в словесно-логической форме с опорой на знания.

2.3 Психологическая структура коллектива

Когда человека назначают руководителем, он не всегда задумывается над тем, как сложатся отношения между людьми в той группе, которой он будет руководить. Настроение каждого в огромной степени зависит от поведения и отношения людей, с которыми мы общаемся.

Коллектив всегда отдаёт предпочтение совместному действию. Отсюда стремление к усреднению, уравниванию людей и нелюбовь к «высочкам», желание «поставить их на место». Это очень вредно для развития в группе творческого и интеллектуального начал. Поэтому так важно знать все нити взаимодействий, скрытых среди людей.

Группа – это тип социальной общности людей, объединённых в процессе совместной деятельности. Очень важная составляющая группы – половозрастной состав. Особенности мужской и женской психологий накладывают большой отпечаток на характер внутригрупповых взаимоотношений, как и возраст сотрудников. Женские коллективы более эмоциональны, в них чаще других возникают ролевые конфликты. Мужские группы более жестки, иногда даже жестоки, рациональны, инертны, прагматичны, имеют тенденцию к деловым и престижным конфликтам. Поэтому сочетание мужского и женского начал в группе является отличным фактором для хорошего климата.

2.4 Конфликт и управление конфликтной ситуацией

В теории управления у конфликта имеется множество определений и толкований. Мы определяем конфликт как отсутствие согласия между двумя или более сторонами, которые могут быть конкретными лицами или группами.

Конфликт может быть функциональным и вести к повышению эффективности организации. Или он может быть дисфункциональным и приводит к снижению личной удовлетворенности, группового сотрудничества и эффективности организации. Роль конфликта, в основном, зависит от того, насколько эффективно им управляют. Чтобы управлять конфликтом, необходимо понимать причины возникновения конфликтной ситуации.

Существуют несколько эффективных способов управления конфликтной ситуацией. Их можно разделить на две категории: структурные и межличностные. К структурным относятся: разъяснение требований к работе, координация и интеграция, общеорганизационные цели, система вознаграждений. Межличностные стили разрешения конфликтов: уклонение, сглаживание, принуждение, компромисс, решение проблемы.

Глава 3. Психологический аспект делового общения

3.1 Умение слушать и убеждать

Совершенно очевиден тот факт, что одной из важнейших сторон любой профессиональной деятельности является повседневное общение с людьми. Динамичная современная деловая жизнь способствует возникновению нестандартных ситуаций, требующих быстрых, четких и адекватных реакций и ответов в процессе межличностного взаимодействия. Все это требует определенных знаний, выработки необходимых навыков общения с любым человеком.

Выделяют два крупных класса в общении: вербальный и невербальный. Вербальный – это речь в её разных формах. Невербальный – это жесты, мимика и другие средства.

Культура устной речи, в том числе и беседы, выступления, лекции, предполагает не абсолютное следование законам языка и письменной речи, а сознательное использование всех языковых средств для достижения цели в конкретных условиях. Живому слову не свойственно соблюдение правил грамматики. Умение говорить на публике и убеждать словом, вести переговоры – это ораторское искусство.

Речь – тоже деятельность, сила которой давно известна: словом можно исцелить или убить, слово поднимало массы на различные свершения.

Стиль поведения оратора – это и гордая осанка и манера вести себя, самообладание, спокойствие, непринужденность, говорящие о контролируемости ситуации.

3.2 Установление межличностных контактов

Существуют различные технологии установления межличностного контакта. Их адаптация к особенностям современной жизни позволяет предложить конкретную методику, которая помогает одновременно устранять психологические барьеры, организовывать сближение с партнером по общению и диагностировать его личностные особенности.

Существует пять этапов методики установления контакта. Соблюдение последовательности этапов принципиально важно как для установления контакта, так и для осуществления психологического воздействия на партнера.

I. Снятие психологических барьеров. При первой встрече двух людей оба партнера ожидают друг от друга каких-то определенных действий. Готовясь к какому-либо влиянию со стороны другого, человек неосознанно и неотчетливо воздвигает ряд психологических барьеров: повышенные осторожность и контроль за высказываниями.

При первом общении многое будет зависеть от того, насколько вам удастся преодолеть эти барьеры. Опыт показывает, что наилучшим средством здесь являются периодическое высказывание своего согласия с партнером и формирование такой же реакции с его стороны.

Важным принципом работы инициатора контакта на первом этапе общения должен быть выбор нейтральной темы для беседы.

II. Нахождение совпадающих интересов. На II этапе общения начинается поиск «точек соприкосновения», которые могли бы стать исходными элементами для установления контакта с партнером. В основе данного этапа лежит поиск совпадений: совпадающие темы, мнения, оценки, переживания. Совпадения, таким образом, выступают как платформа для сближения. Такой платформой чаще всего становится какой-то общий интерес, который разделяется обоими участниками беседы.

III. Определение принципов общения. На предшествующем этапе общения вашей целью был поиск исходного фундамента для установления контакта. На данном этапе следует перейти к декларированию своих качеств, что заставит собеседника поступить аналогичным образом. Это своеобразное оповещение о некоторых собственных принципах поведения, которыми руководствуются люди при общении. Поэтому, например, человек и подчеркивает необходимость прямоты, честности, справедливости и т.д.

IV. Выявление качеств опасных для общения. После того, как на III этапе проявятся качества, которые ваш партнер считает необходимым показать, наступает период, когда

вам следует выявить его иные черты. Некоторые качества пытаются скрыть из-за их опасности для коммуникации, другие – потому, что они являются социально неодобряемыми. Однако есть в числе утаиваемых свойств некоторые, расцениваемые человеком как собственные «слабости», которые он не хочет выставлять напоказ.

В результате поисков вы обнаружите черты, которые не проявлялись ранее и не были вам известны.

V. Адаптация к партнеру и установление контакта. К этому этапу ваши отношения с партнером по общению становятся достаточно ясными, определенными. Вы осведомлены о личных качествах друг друга. Поскольку вы в основном уже выявили главные достоинства и недостатки своего собеседника, создаются предпосылки для оказания направленного воздействия на него, построения доверительных отношений. Тактика на данном этапе общения должна сводиться к ведению равноправного диалога. Все приемы должны быть направлены на возбуждение у партнера стремления к взаимодействию с вами.

3.3 Имидж руководителя

Имидж в переводе с английского – «образ». Это визуальная привлекательность личности. Имидж включает в себя: внешний облик, психологические свойства и социальные задатки как соответствие запросам времени и общества. Эти характеристики представлены в поведении, манере говорить, стиле одежды, оформлении интерьеров дома и офиса.

Искусство и техника создания образа заключается в том, чтобы понять, что является привлекательным для других, познать самого себя и привести в соответствие с этим свои внешние оболочки.

Имидж руководителя – это результат умелой ориентации в конкретной ситуации и, как следствие, правильность выбора модели поведения.

Главной функцией имиджа является формирование положительного отношения. За ним следует доверие, что повлечет высокую оценку. Положительный имидж руководителя способствует престижу, а, следовательно, авторитету и влиянию.

В данной работе были рассмотрены психологические аспекты управления. А именно: как распределить обязанности между сотрудниками с учетом их личностных характеристик, как устранить неминуемые конфликты в группе, чтобы все остались удовлетворенными, а проблема решенной. Также не менее ценно для менеджера уметь себя преподнести. При этом важную роль играет формирование имиджа руководителя.

Таким образом, современный менеджер должен обладать знаниями в области психологии. Только в этом случае он сможет эффективно организовать работу в коллективе. А благоприятная атмосфера на работе и хорошие отношения между сотрудниками будут способствовать успешной деятельности предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бреддик У. Менеджмент в организации. М.: Инфра-М. – 1997. – 344 с.
2. Веснин В.Р. Менеджмент для всех. – М.: Знание. – 1994. – 173 с.
3. Зигерт В. Руководить без конфликтов. – М.: Экономика, 1990.
4. Жариков Е С., Крушельницкий Е.Л. Для тебя и о тебе. – М.: Просвещение. – 1991. – С. 51-53, 107-109, 131, 176-197, 198-202.
5. Менеджмент: учебник. – 2-е издание, переработанное и дополненное / Под ред. Горчиковой И.Н. – М.: Банки и Биржи, ЮНИТИ. – 1995. – с. 9-22.
6. Мехсон М., Альберг М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. – М.: Дело ЛТД. – 1994. – 702 с.
7. Практическая психология для менеджеров / Под ред. Тутушкиной М.К. – М.: ИИД «Филинь». – 1997. – С. 3-5, 11-14, 113-118, 125-153, 228-239.
8. Скотт Дж. Г. Конфликты. Пути их преодоления. – Киев: Внешторгиздат, 1991.
9. Gilbreth L.M. The Psychology of Management.
10. Haynes J.M. Positive Conflict Management. – 2004. – 280 p.

ТЕСТИРОВАНИЕ ДАННЫХ БИРЖЕВЫХ СВОДОК ПО КОМПАНИЯМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Введение. Основной задачей данной работы является обработка данных с помощью множественной полиномиальной регрессии, с целью обнаружения связи между ценой акций некоторых мировых компаний и различными факторами, которые в большей или меньшей степени влияют на формирование цены акции.

Сейчас возникла необходимость (благодаря кризису) получить некоторые объективные данные по основным экономическим биржевым показателям и оценить их прогнозные характеристики.

1. Исходные данные для модели

Так как по крупным компаниям можно найти достаточно много нужной нам информации, особенно, если акции этих компаний котируются не на одной фондовой бирже, и также, если эти компании были образованы уже достаточно давно, то для исследования мы взяли 6 крупных мировых производителей:

Apple – американская корпорация, производитель персональных компьютеров, аудиоплееров, телефонов, программного обеспечения;

Intel – американская корпорация, производящая широкий спектр электронных устройств и компьютерных компонентов, включая полупроводники, микропроцессоры, наборы системной логики (чипсеты) и др.;

Siemens – крупный международный концерн, работающий в области электротехники, электроники, энергетического оборудования, транспортного машиностроения, медицинского оборудования и светотехники;

McDonald's – американская корпорация, самая большая в мире сеть ресторанов быстрого питания;

Chevron – вторая после ExxonMobil интегрированная энергетическая компания США, одна из крупнейших корпораций в мире;

ExxonMobil – американская компания, крупнейшая частная нефтяная компания в мире, одна из крупнейших корпораций в мире по размеру рыночной капитализации.

Ниже представлены графики динамики изменения цен на акции в течение долгосрочного периода (цены в долларах США).

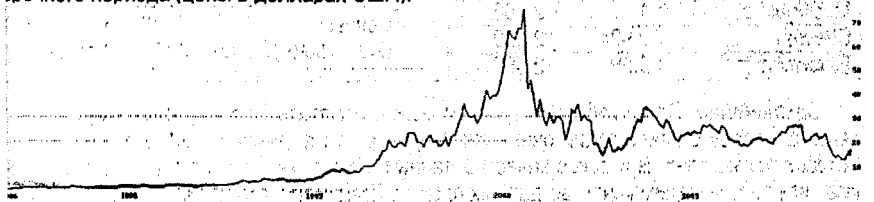


Рис. 1 – Intel (1986-2008)

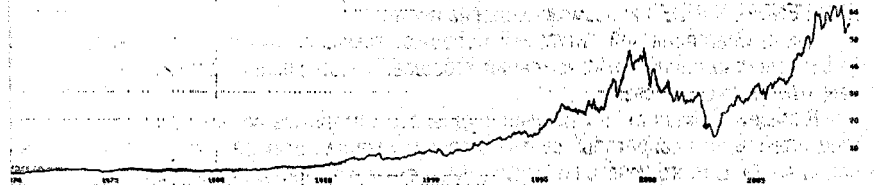


Рис. 2 – McDonald's (1970-2008)

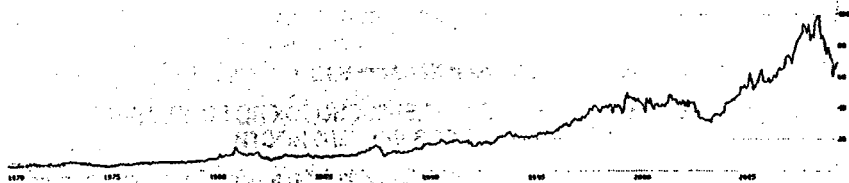


Рис. 3 – Chevron (1970 – 2008)

2. Исследование модели

Для обработки данных по основным факторам и показателям использовалась множественная полиномиальная регрессия и коэффициенты (как выходные данные анализа): коэффициент детерминации и коэффициент Дарбина-Уотсона. Все вычисления проводились в системе Mathcad. Мы рассматривали период от 7 лет у компании Siemens до 38 лет у компаний Chevron, McDonald's и ExxonMobil. Цена акций этих компаний сравнивалась с такими факторами, как:

- биржевые индексы NYSE и NASDAQ в периодах от 3 до 12 лет;
- NASDAQ-100 (SYMBOL IXNDX)
- The NASDAQ-100 Equal Weighted (SYMBOL NDXE)
- NASDAQ Global Select Market (SYMBOL NQGS)
- NYSE COMPOSITE INDEX (SYMBOL NYA)
- NYSE ENERGY INDEX (SYMBOL NYE.ID)
- NYSE INTERNATIONAL 100 INDEX (SYMBOL NYI.ID)

- цена акций с учётом инфляции;
- общий объём акций;
- мировые цены на золото (в долларах США за унцию);
- цены на нефть с учётом инфляции (в долларах США за баррель).

При обработке данных были получены следующие показатели коэффициентов:

Таблица 1

	R ²	DW	
Apple	1	2.703	где R ² – коэффициент детерминации, который показывает, какая доля дисперсии результирующего признака объясняется влиянием независимых переменных. DW – коэффициент Дарбина-Уотсона
Siemens	1	1.5	
Intel	0.999	1.439	
McDonald's	1	2.466	
Chevron	0.994	2.529	
ExxonMobil	0.994	2.563	

Заключение. По полученным данным можно отметить, что у компании Apple сила связи факторов с ценой акции очень сильна, но в то же время коэффициент Дарбина-Уотсона показывает невысокое качество данных. Компания Siemens также имеет высокую силу связи, однако качество данных плохое. Практически такая же ситуация и у компании Intel. Это можно объяснить влиянием на коэффициент Дарбина-Уотсона индексов NYSE ENERGY INDEX и, возможно, цен на нефть.

Очень благоприятной ситуацией обладают компании McDonald's, Chevron, ExxonMobil. Качество данных этих компаний хорошее, и коэффициент детерминации показывает отличную силу связи.

В общей сложности, мы получили удовлетворительные показатели по анализируемым данным, что свидетельствует о хорошем качестве этих данных и сильной связи с ценой акций. В итоге хочется отметить, что полученные результаты могут быть использованы для развития критериев, предъявляемых к исходным данным статистической

модели и её компьютерной реализации. Также необходимо дальнейшее развитие экономической модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.nyse.com
2. www.nasdaq.com
3. finance.yahoo.com
4. inflationdata.com
5. www.finfacts.ie
6. ru.wikipedia.org
7. Mathcad 6.0 Руководство пользователя. – М., Мир, 1996.

УДК 726.91.03(476.7)

Лукьянюк О.Н.

Научный руководитель: к. архитектуры, доцент Власюк Н.Н.

ИЕЗУИТСКИЙ КОМПЛЕКС В ГОРОДЕ БРЕСТЕ

Я хочу рассказать в своей статье об архитектуре иезуитского коллегиума в городе Бресте. К сожалению, фрагменты цокольного этажа – это все, что осталось нам от красивейшего ансамбля старого города, возведенного как храм и учебное заведение католического монашеского ордена иезуитов. Располагался он на территории Брестской крепости (Рис. 5). Мало кто обращает внимание, подходя к Вечному огню мемориально-го комплекса, на расположенные рядом почти сравненные с землей руины... Но прежде чем перейти к архитектуре комплекса, я бы хотела рассказать об иезуитах, благодаря которым и был возведен великолепный ансамбль.

Католический монашеский орден иезуитов (от латинского "Jesus" – Иисус) был образован в 1534 г. испанским дворянином Игнатием Лойолой. 27 сентября 1540 г. орден был утвержден папой Павлом III. Орден строился на основе строгой централизации, военной дисциплины и абсолютной воли его руководителя – генерала.

Орден иезуитов принципиально отличался от других монашеских орденов католической церкви. У них не было монастырей с кельями, высокими стенами, с помощью которых можно было отгородиться от внешнего мира. Ради борьбы с Реформацией и атеизмом папство возложило на иезуитов обязанность входить во все сферы жизни людей. Они должны были влиять на мир в удобном для папства направлении. Поэтому им разрешалось ходить в гражданской одежде, а в необходимых случаях, при выполнении секретных поручений Ватикана, скрывать принадлежность к ордену.

Разработанная иезуитами система морали позволяла им широко объяснять основные религиозно-духовные потребности, отступать от клятвы, проявлять неразборчивость в средствах при политической борьбе, что отражалось в девизе, которым подписывались иезуиты: «Цель оправдывает средства». Все это сделало орден сильной организацией, распространившейся по всей Европе.

В 1569 г. после заключения Люблинской унии начинается деятельность иезуитов в Великом княжестве Литовском. Для достижения своих целей иезуиты применяли разные методы массового посвящения, в том числе и через иезуитские учреждения, главным звеном которых были коллегиумы.

Впервые иезуиты появились в Бресте в 1609 г. Вначале они поселились при приходском костеле. В 1621 г. приобрели возле рынка каменный дом для коллегиума. В 1622 г. на этом месте началось строительство деревянного костела святых Иисуса и Казимира, который был утрачен при пожаре.

Строительство каменного костела началось только в 1656 г., под покровительством Казимира Сапеги. Для строительства, вблизи р. Мухавец, был построен кирпичный завод. На гравюре Эрика Дальберга «Осада Бреста шведами в 1657 г.» костёл изображен четырёхугольным в плане с восьмигранной башенкой над двухскатной крышей. Боковые стены имели по шесть стрельчатых окон.

По описанию 1773-1774 гг., костел представлял собой базилику, крытую гонтом, с деревянным куполом над средокрестием. Этот вид мы можем видеть в работах Анастасии Фетисовой.

На чертеже 1833 г. костел изображен сильно разрушенным: исчезли завершения башен, провалились своды. Однако это не мешает судить об архитектуре костела, построенного в стиле «виленского барокко» (Рис. 1, 2). Он предстает как трёхнефный храм, имеющий выразительный трансепт и развитую апсиду, спрятанную снаружи двумя симметричными сакристиями. Фасад костела симметричен, с двумя башнями, вытянутыми в плоскости несущей стены главного фасада. Треугольный фронтон с валютами украшен декоративными гирляндами на фризе, а на фасаде использованы наличники (Рис. 4).

К фасаду костела, обращенному к площади, была пристроена башня-колокольня, в которой был повешен большой колокол. Вершину каменной колокольни украшала статуя св. Юзефа. В основании колокольни, выходящей за линию застройки, был устроен проход для пешеходов. Строительство колокольни приходится на 1692-1750 годы.

Здание коллегиума представляло собой сложный комплекс, возникший не одновременно и не по единому плану. Первоначально это было каменное двухэтажное, крытое гонтом здание, тянувшееся по Ковальской улице в одну линию с костелом. Здесь находились наиболее посещаемые, «общественные» части коллегиума: аптека, школа с театром и ораториумом. Длинный, примыкающий к главному фасаду костела уличный фасад коллегиума был монотонно расчленен пилястрами на втором этаже. Посередине, на изломе улицы он был украшен ризалитом, имеющим пышный, характерный для дворцов XVIII в. декор. Ризалит имел два входа: в школу и в коллегиум (Рис. 1). На месте бывшего кладбища приходского костела была построена, вместе с трапезной, часть, идущая в глубину участка, позади костела. Дворовая и уличная части коллегиума были соединены двухэтажным, идущим вдоль костела, богато декорированным снаружи коридором. К 1750 г. относится строительство каменных ворот, сооруженных на месте бывшего приходского кладбища. В том же году закончено возведение окружающей комплекс каменной стены, в середине двора поставлен колодец, увенчанный деревянной беседкой с большой статуей св. Ксаверия.

В 1831 г. весь Брест был превращен в крепость. Монументальные здания были разрушены или переоборудованы в фортификационные сооружения. Коллегиум стал комендантским домом и квартирой семь раз приезжавшего сюда государя-императора. В период расположения советского и предшествовавшего ему польского гарнизонов коллегиум использовался как инженерное управление крепостью. И, конечно же, коллегиум не раз переделывался, каждый раз все больше теряя свое величие (Рис. 3).

Смотря на чертежи и макет, понимаешь, что Брест лишился архитектурной жемчужины, которая бы стала одной из главных достопримечательностей города и притягивала бы к себе не только туристов, но и паломников со всего света.

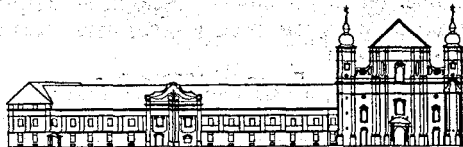


Рис. 1 – Фасад иезуитского коллегиума, восстановленный по чертежам 1833 г.



Рис. 2 – Генеральный план коллегиума иезуитов в г. Бресте 1782 г.

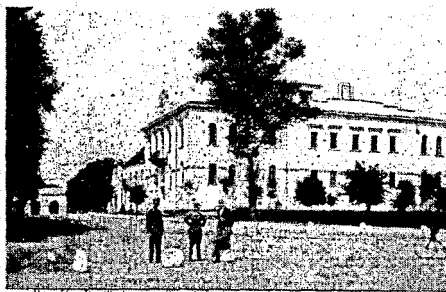


Рис. 3 – Вид иезуитского коллегиума при Польше Открытка

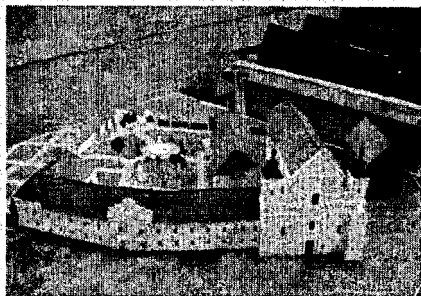


Рис. 4 – Макет иезуитского коллегиума

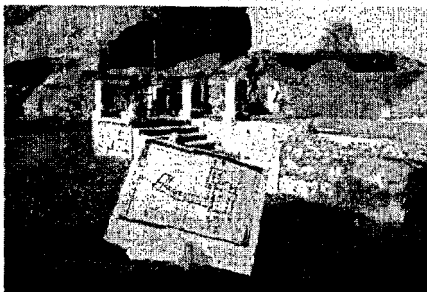


Рис. 5 – Руины иезуитского коллегиума

ЛИТЕРАТУРА

1. Сарычев В. В поисках утраченного времени / В. Сарычев // Книга 1-ая. – Брест, 2006.
2. Архитектурное наследие: Статьи Е.Д. Квитницкая “Брестские коллегиумы XVIII века”. – М.; 1972. – Т.19 – С. 12-26.
3. 3 гісторыі на «Вы». Публіцыстычныя артыкулы: стацыя Алеся Жлутко “Езуіты на Беларусі: Пошукі прауды”. – Мінск: Мастацкая літаратура, 1994.
4. Блинова Т.Б. Иезуиты в Белоруссии / Т.Б. Блинова – Минск: Беларусь, 1990.
5. Архітэтура Беларусі: Энцыкл. давед.; Рэд. кол.: А.А. Воінаў [і інш.] – Мн.: Бел.Эн., 1993.

УДК725.945.1 (476.7)

Тумашич Л.Б.

Научный руководитель: к. архитектуры, профессор Кудиненко А.Д.

ФОРТИФИКАЦИОННЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ В БАРАНОВИЧСКОМ РАЙОНЕ

История фортификационных сооружений составляет многовековой период. Потребность в этих сооружениях возникла вследствие необходимости защиты от нападения, возводились они на рубежах обороны.

История фортификационных сооружений прошла путь от использования естественных преград (пещер, островов и т. п.) до искусственных сооружений, оснащённых самым современным оборудованием.

Современные фортификационные сооружения (рис. 1, 2) подразделяются на два типа: закрытые (полузакрытые) и открытые. Закрытые сооружения подразделяются в



Рис. 1 – ДОТ на трассе М1



Рис. 2 – Двухэтажный ДОТ



Рис. 3 – Солдаты в Дарево (фото нач. XX в.)

свою очередь на: над-земные, полуподземные, подземные и подводные. К ним относятся: блиндажи – сооружения для на-блюдения и ведения огня, убежища, хранилища продовольствия, амуниции, вооружения.

Виды закрытых сооружений возводятся в зависимости от типа местности. Одним из видов открытых сооружений выделяют ложные сооружения, предназначенные для имитации огневых позиций. К открытым сооружениям относятся траншеи и ходы сообщения, окопы для стрелков и техники, временные укрытия материальных средств.

До настоящего времени мало исследованы укрепления времён Первой мировой войны на территории Беларуси, хотя почти половину войны, с 1914 по 1917 год, линия фронта между воюющими сторонами пролегла именно по этой территории. Линия фронта протянулась тогда с севера на юг через Витебскую, Гродненскую, Минскую, Брестскую области.

Одним из важных районов обороны являлся город Барановичи, в непосредственной близости от которого пролегла линия фронта с 1915 по 1917 г. (рис. 3). Город Барановичи представляет собой крупный транспортный узел, что определяет его значимость в системе обороны, как российской, так и немецкой армии. В этом городе размещалась как царская ставка (в районе вокзала Барановичи Полесские), так и немецкая ставка (здание городского музея).

Линия фронта проходила на участке недалеко от магистрали М1 (Брест-Минск) в районе деревень Сочивки – Дубровно – Михайлово. Рассматриваемый участок фронта представлял собой выступ на южном фланге фронта

(рис. 4), прикрывающий разрыв в обороне, образованный поймой реки Щара. Это первая линия обороны фронта с немецкой стороны. Позиция включала в себя открытые и полужакрытые фортификационные сооружения. В состав позиции входили пять долговременных огневых точек (дотов); две огневые точки для пулемётов, соединённые между собой подземным ходом; две линии окопов, состоящих из основной и запасной позиции, соединённых друг с другом траншеями для стрельбы, стоя с запада и, предположительно, с востока. На южной стороне участка располагались блиндажи, контролирующие пойму реки, с наблюдательным пунктом и патерной, направленной в сторону основной обороны. На западе расположена линия окопов, прикрывающая тыл. Данный участок дополнительно укреплен дотами, из которых четыре – пулемётные и один – артиллерийский. Линия обороны располагалась на склоне холма с резким перепадом рельефа, что должно было обеспечивать хорошую простреливаемость местности. С юга и запада на относительно удалении от основной линии обороны расположены железобетонные доты, прикрывающие позицию с флангов, а также служащие для ведения наблюдения.



Рис. 4 – Военная карта

На господствующих высотных точках передняя линия обороны усилена двумя огневыми точками, соединённых между собой подземным переходом (патерной). В настоящее время ход засыпан. Траншеи представляют собой рвы глубиной до 1,5 метра и шириной 0,7 метра по дну с укрытием для личного состава, нишами для хранения боеприпасов и продовольствия. Стенки окопов и ходов сообщения укреплялись деревянными брёвнами.

Дот с южного фланга представляет собой двухкамерное помещение с подземным ходом в северной его части, ведущим в сторону основного рубежа обороны; вход располагается с южной стороны. Имеет две амбразуры для стационарной установки пулемётов. Строение хорошо сохранилось, однако имеются фрагментарные повреждения бетона, снят бронеколпак в наблюдательном пункте, отсутствует металлическая дверь, а также засыпан подземный ход. Требуется расчистки северная амбразура. Артиллерийский

дот представляет собой двухкамерное помещение с амбразурой для артиллерийского орудия и уширенным входом. Пол – бетонный, с наклонной аппарелью для скатывания орудия. Справа от входа имеется помещение для хранения снарядов. Амбразуры имеют прямоугольную форму. Строение в хорошем состоянии, однако требует расчистки.

Двухэтажный дот представляет собой двухкамерное сооружение с отдельными входами: один – на уровне земли, второй – ниже уровня земли. Верхнее помещение имеет две амбразуры, закрывавшихся металлическими щитками; для стационарной установки пулемётов и железобетонными столами для размещения боеприпасов для пулемётов. Нижнее помещение представляет собой помещение для хранения боеприпасов. Вход в него осуществлялся с железобетонной лестницы, ведущей из траншеи.

Ещё один дот на этом участке представляет собой однокамерное помещение с тремя амбразурами и срезанными рёбрами.

Доты располагались на господствующих высотах. Предположительно, подходы к позиции защищались со стороны реки проволочными сетями на кольях, образующих три рубежа через 20-25 метров.

В Барановичском районе эта позиция – не единственный памятник событий того времени. На территории деревень Арабовщина, Великие Луки, Дубровно, Городище, Старые



Войковичи и многих других находится немало памятников Первой мировой войны (рис. 5). Большинство из них сегодня не входят ни в какие списки исторических ценностей.

Беларусь в силу своего географического расположения стала ареной для многочисленных войн. Человечество должно помнить о той цене, которая была заплачена за время войны, для того, чтобы не повторять ошибок прошлого и хранить мир на земле. И памятники войны напоминают нам об этом.

УДК 725.5 – 056.266

Дуборева Е.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Ширяева А.Д.

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ НОВЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С УЧЕТОМ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

В Республике Беларусь проживает около 500 000 инвалидов, в том числе около 30 000 детей-инвалидов в возрасте до 18 лет, что составляет 5,2% от общей численности населения.

Актуализация проблем лиц с ограниченными возможностями является закономерным результатом нарастания массы физически «неполноценных» людей, не способных осуществлять экономически независимое существование. В условиях трансформации белорусского общества с учетом углубляющегося демографического кризиса это грозит дестабилизацией и требует разработки комплексных мер социального реабилитации.

Окружающая среда большинства территорий остается неприспособленной к нуждам лиц с ограниченными возможностями (отсутствуют пандусы и лифты в магазинах и общественных учреждениях, общественный транспорт не приспособлен, а служба социального такси пока редкость, явно недостаточно приспособлений в быту и на производстве), что не позволяет инвалидам осуществлять независимую жизнь. Принятые в последнее время законы и постановления всех уровней делают акцент в основном на экономических нуждах инвалидов, предоставляя компенсационные выплаты и льготы, что не стимулирует собственной активности. По мнению экспертов, люди с ограниченными возможностями в современном обществе испытывают наибольшую потребность в общении и взаимопонимании. Они стремятся к принципу независимой жизни.

В Беларуси пристальное внимание к проблемам людей с ограниченными возможностями стали проявлять еще в начале 1990-х гг. Было принято Постановление об обеспечении условий для передвижения инвалидов, пользующихся креслами-колясками, при разработке проектов планировки и застройки жилых районов и микрорайонов, а также жилых и общественных зданий; разработана Программа по предупреждению инвалидности и реабилитации инвалидов. Приняты несколько законов Республики Беларусь, учитывающие интересы маломобильных людей; сформирован Республиканский межведомственный Совет по проблемам инвалидов. Создавалась теоретическая и законодательная база для организации безбарьерной среды. Об улучшении качества жизни инвалидов заговорили на самом высоком уровне. Однако вопреки ожиданиям большинство зданий и сооружений, наиболее часто посещаемых инвалидами и другими категориями физически ослабленных лиц, на сегодняшний день не соответствуют требованиям данного контингента – у входов не созданы условия для ожидания, отдыха, парковки транспортных средств инвалидов, хранения детских колясок и другие. Планировка внутренних пространств не рассчитана на пребывание в них инвалидов-колясочников. Типичны проблемы ограниченного состава, недостаточной площади и неудобной конфигурации помещений, отсутствия необходимой безбарьерной связи между группами помещений. Специфические потребности инвалидов с нарушением опорно-двигательного аппарата в

наибольшей степени влияют на особенности проектирования среды обитания, в том числе зданий и сооружений. Инвалиды с нарушением опорно-двигательного аппарата испытывают затруднения в передвижении по сложному маршруту и в тесном помещении, в преодолении различных препятствий, а также в пользовании балконами, лоджиями, обычной мебелью и оборудованием. Удельный вес объектов социальной инфраструктуры, учитывающих требования безбарьерной среды, в целом по республике составляет 19,9%. В РБ существуют законы и постановления, предписывающие необходимость создания безбарьерной среды, отдельные реализованные мероприятия, разработанные программы, а комплексное решение вопроса по-прежнему не реализовано.

Культура и досуг – это те сферы, где материально-пространственная среда должна быть наиболее гуманистически направленной, щадящей нервно-психическое состояние инвалида и рассчитанной не только на решение функциональных потребностей при проведении различных мероприятий, но и на возможность психологического восстановления общения. Изоляция инвалидов от сферы досуга в настоящее время объясняется отсутствием как условий доступности зданий, так и возможности полноценного обслуживания в них различных категорий инвалидов. В то же время трудно переоценить необходимость посещения досуговых мероприятий инвалидами, а также их участия в самостоятельных творческих занятиях. Поэтому усилия должны быть направлены на устранение не только строительных, но и морально-психологических барьеров путем создания возможности для инвалидов созерцать, сопереживать и творить вместе со всем обществом.

Необходимость принципиально новой ориентации и подходов в политике социокультурной реабилитации инвалидов, как в общем плане, так и в более узком ведомственном пространстве деятельности, не вызывает на сегодняшний день сомнений. Такого рода необходимость обусловлена особенностями данной социальной группы, ее количественными и качественными характеристиками, с одной стороны, отсутствием полномасштабной реализации социальной политики в отношении инвалидов, соответствующей сегодняшним реалиям жизни и всего общества, и потребностям людей с ограниченными возможностями, с другой.

До сегодняшнего дня в мировой практике не ставился вопрос о создании развлека-

тельного комплекса с учетом потребностей людей с ограниченными физическими возможностями. Данный архитектурный проект должен не только соответствовать элементарным эргонометрическим нормам, содержать универсальную среду, совершенно новое функциональное размещение помещений, но и включать в себя новые виды развлечений, учитывающие потребности людей инвалидов. Новое сооружение должно быть удобным, интересным и для физически полноценных людей, и для инвалидов.

Под универсальностью среды понимается необходимость учета эргономических нормативов и типологических законов формирования среды, оптимальность светового и цветового режимов, техническое совершенство и красота мебели и оборудования, разнообразие тактильных ощущений, мир запахов и звуков. Информационная достаточность выступает как универсальное средство для оптимизации деятельности людей с ограниченными возможностями при помощи предупреждающих и стимулирующих знаков. Язык знаков складывается из цветовых схем, пиктограмм, тактильных раздражите-



Дублирование шрифтом Брайля и крупным размером кнопок на лифтовой панели

лей, звуков, запахов. Использование этих языков позволяет решить целый комплекс информационных задач: ориентировать, предупреждать об опасностях и препятствиях, помогать найти путь и запомнить маршрут, стимулировать и облегчать деятельность, снижать зрительное утомление, попеременно воздействуя на различные цветовоспринимающие окончания зрительного анализатора. Каждый язык отличается своим способом кодирования.



Пиктограмма, обозначающая вход, доступный инвалидам

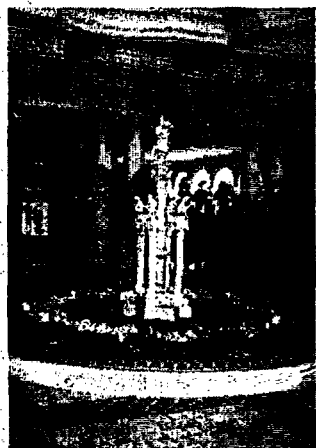
Цветовое кодирование позволяет решить следующие архитектурные задачи: выделить входные узлы; обозначить зоны: применив цвет для обозначения начала и конца лестничного марша или пандуса, части пола перед входом в лифт; покрасив в разные цвета одинаковые (похожие) помещения, расположенные на одном уровне; используя цвет мебели и оборудования для выделения различных зон; наметить трассы движения людей: используя изменение цвета пола для выделения пути следования посетителей; нанеся на полу цветные линии со стрелками, обозначающими направление движения; применяя цвет для выделения направляющих поручней; используя цветные полосы на боковых стенах по основному пути движения; обозначив цветом направление открывания двери и положение ручки на ней; выделив дверные наличники и (или) дверные полотна; обозначить уровни.

Тактильное кодирование построено на том, что пространство активно осваивается при помощи осязания. Фактура поверхности позволяет использовать ее в качестве ориентира для распознавания функциональных зон, изменение фактуры может предупредить о потенциальной опасности. Различные материалы покрытия полов, парапетов, бордюров, декоративных изгородей, направляющих поручней помогают при движении.

Тактильные знаки, использующие выступающие буквы, шрифт Брайля, пиктограммы, необходимы для слепых людей, зрения которых достаточно лишь для того, чтобы определить нахождение знака.

Одно из преимуществ такого рода сооружений является отсутствие изолированности людей с ограниченными физическими возможностями от общества: По мнению экспертов, такие люди в современном обществе испытывают наибольшую потребность в общении, нежели в психологической или медицинской реабилитации.

Республика Беларусь стоит на пути комплексной реализации безбарьерной среды в стране, а это значит, снятие архитектурных барьеров и создание социальной адаптации людей с ограниченными физическими возможностями рано или поздно будет неизбежным. Реализация такого рода проекта будет актуальной не только в нашей стране, но и в зарубежных странах на сегодняшний день.



Комплексное воздействие звуков каплюющей воды, усиленное кессонным потолком, скульптурной композицией, аромата живых цветов декоративного бордюра

СИНАГОГИ г. БРЕСТА

В ходе изучения архитектуры города Бреста становится непонятно, как некогда многочисленную группу таких строений, как синагоги и молитвенные дома, на сегодня представляют единичные сооружения, но и те не являются аутентичными. В настоящее время данной проблеме отводится минимальное внимание при изучении архитектурных особенностей города. Хотя в свое время культурное и материальное богатство Бреста зависело от еврейской группы населения.

На протяжении многих столетий в еврейском народе исторически сложились две социально-культурные общности – ашкеназская и сефардская, – различия между которыми касаются порядка молитв, устройства синагоги и т.п. Ашкеназское еврейство, к которому принадлежит сегодня большинство евреев мира, сформировалось в средние века в Северной Франции и Германии, распространившись оттуда в большинство стран Центральной, Восточной и Западной Европы, а также в страны Северной и Южной Америки, Южную Африку и Австралию. Сефардский социально-культурный комплекс сложился в Испании и Португалии, а также в Италии, Турции, на Балканах и в странах Северной Африки.

В XII-XIV вв. с запада на восток, из Германии и Чехии в пределы Польши и Великого княжества Литовского хлынул мощный поток переселенцев – европейских евреев. Польские короли оказывали им покровительство, поскольку среди эмигрантов было много купцов и ремесленников. Именно они и составили костяк еврейского населения Польши, Украины и Белоруссии. Евреи занимались различными ремеслами, земледелием и торговлей. В Бресте у них имелись свои дома и «пляцы»-земельные участки, своя «божница»-синагога и «копище»-кладбище. Брестский привилей 1388 года послужил правовой основой для дальнейшего многовекового существования евреев в Белоруссии.

В XIV-XVII веках Брест становится главным центром еврейских общин Великого княжества Литовского. Не случайно, именно здесь в 1623 году был проведен первый съезд Ваада (центрального органа самоуправления) еврейских общин Литвы. Ваад собирался в Бресте в 1623, 1626-27 и 1631 годах. В 1566 году была составлена «Опись староства Берестейского». Согласно этой описи в Бресте имелось 90 еврейских домов (всего в Бресте было 746 домов). Они составляли особый еврейский квартал города. Вплоть до сноса старого города (в 1835 г.) на картах и планах города отмечалась «жидовская» улица. Руководила всей жизнью еврейской общины особая автономная организация – кагал. Кагал отвечал перед правительством и перед христианским населением за всех членов общины. Кагал платил налоги, вершил суд внутри общины, занимался внутренними делами общины. Духовной главою общины был раввин, он отвечал за религиозную жизнь верующих евреев.

В конце XVIII – начале XIX вв. в Бресте проживало 2840 евреев (70,9% населения города). Исторические события конца XVIII – начала XIX вв., многочисленные пожары и, наконец, уничтожение старого города и строительство на его месте крепости – все это отразилось на жизни еврейской общины. В 1821-22 годах после засухи и неурожаяев был сильный голод в Белоруссии. Местное дворянство тут же обвинило во всех бедах евреев-арендаторов и шинкарей и предложило выселить их из сельских местностей. И тогда новый царский указ повелел до первого января 1825 г. переселить евреев из деревень в города и местечки. Еврейское население Бреста сразу увеличилось до 4522 человек. При сооружении Брестской крепости, согласно указу Николая I, все жители города, в том числе евреи, были выселены на форштадт (к 1 января 1843 г.), а их дома были снесены.

Тяжелое положение еврейской бедноты Бреста усугублялось грандиозными пожарами конца XIX в. В 1895 и 1901 г. выгорела половина Бреста. Тысячи людей потеряли кров, работу и вынуждены были уехать из города. В конце XIX – начале XX вв. (по переписи 1897 г.) в Бресте проживало 30109 евреев (64,75% от населения города). Основная масса еврейского населения была занята в ремесленном производстве и кустарных промыслах. В руках евреев находилась также значительная часть торговых предприятий города, фабрик, мастерских. К 1936 году в Бресте проживало 21518 евреев (41,3% от всего населения). Они занимали значительное место в экономической жизни города, были владельцами большинства магазинов, мастерских, складов и фабрик.

Верующие евреи удовлетворяли духовные потребности в синагогах и десятках молитвенных домов. Нужно отметить, что синагога – это любое помещение, предназначенное для общественной молитвы, что всегда было и остается ее главным назначением. Многие синагоги имели раздел внутреннего пространства храма двумя рядами колонн на три части, нефа (трехнефовый план). Особенностью организации внутреннего пространства синагоги являлось выделение места для нахождения женщин. Таким местом часто служили хоры, которые, как и в церковных строениях размещались над входом. Характерно отсутствие тех или иных башенных пристроек, конструкций для звукового оповещения. Внешнее убранство было, как правило, сдержанным и скромным. Иначе выглядело оформление внутреннего пространства. Оно выделялось богатством орнаментики и даже ее чрезмерностью. Превалировали зооморфные композиции: изображения львов, ягнят, орлов или мифических существ (химер). Любая синагога, маленькая или большая, скромная или роскошно украшенная, должна быть соответствующим образом оснащена. К обязательному оборудованию синагоги относятся: арон кодеш – шкаф или ниша, где хранятся свитки Торы. Обычно арон кодеш помещают у стены, обращенной в сторону Эрец-Исраэль (в Израиле – в сторону Иерусалима); он прикрыт занавесом, называемым паро-хет, нер-тамид – вечный огонь, лампа, которую помещают выше и немного впереди арон кодеш; бима – возвышение, по традиции располагающееся перед арон кодеш. На биме стоит стол, на который кладут свиток Торы во время чтения недельных глав; в ашкеназских синагогах между бимой и арон кодеш ставят специальный пюпитр – амуд, около которого ведет молитву хазан. Синагога ориентировалась с запада на восток.

Известно что в старом городе Бресте существовала самая красивая и известная синагога в Европе. 25 сентября 1411 г. великий князь литовский Витовт выдал привилей на право постройки в Бресте синагоги, выделил на строительство бесплатно глину и кирпич (Рис. 1). В 1511 г. король польский и великий князь литовский Сигизмунд I будучи в Бресте издал привилей брестским евреям с правом отпуска глины и кирпича на ремонт синагоги. В 1842 г. снесена большая синагога старого Бреста, за которую казна уплатила еврейской общине 8000 руб., а в 1851 г. началось строительство новой синагоги в Бресте XIX в. (ныне кинотеатр "Беларусь") (Рис. 2). Также в городе впоследствии были построены десятки молитвенных домов, что говорит о сплоченности еврейского народа (Рис. 3).

Документальное описание брестских синагог в большинстве случаев отсутствует. Мне удалось, работая с документами брестского государственного архива, обнаружить документы одного из молитвенных домов (фонд 5 опись 3 дело № 3204). На примере синагоги «Зискина Клейнмана» (Рис. 4, 5) мы рассмотрим типичное устройство еврейского религиозного сооружения рубежа XIX-XX вв. Общественный еврейский молитвенный дом под названием «Зискина Клейнмана» находился на углу улицы Тополевая и улицы Шоссейная (нынешние улицы Московская и 17 Сентября). На этом месте существовало деревянное сооружение синагоги, которое в 1901 г. было сожжено. План на застройку был составлен «июля 20 дня 1901 года» архитектором Н. Микновичем. На генеральном плане рядом с молитвенным домом находились ретирады и сарай. Проект был утвержден губернатором 3 августа 1901 года.

Здание синагоги «Зискина Клейнмана» представляло собой прямоугольный близкий к квадрату в плане объем, перекрытый высокой вальмовой крышей. План имел габаритные размеры 19,25x15 м, при этом площадь всего здания составляла примерно 290 м². Вертикально фасады расчленены лопатками, к которым примыкают до уровня карниза псевдоконтрфорсы. Плоскость стены между контрфорсами прорезана высокими арочными окнами, высота которых 4 м. Здание завершено развитым карнизом, под которым находится аркатурный пояс. Венчает здание аттик, выполненный в виде балюстрады на псевдопенаклях, повторяющих пенакли. Высота здания составляет 12,1 м. Вместимость этого здания рассчитана на 200 человек. С севера к зданию примыкает прямоугольная в плане коробка входной группы (с размерами 4,7x2,7 м) с двумя изолированными крыльцами, перекрытыми односкатной кровлей. Освещение входной группы осуществляется двумя арочными оконными проемами, схожими по форме с окнами основного объекта, но имеющими меньшие габаритные размеры. Интерьер молитвенного зала расчленен рядами колонн на три равных по ширине нефа. В центре зала расположена бима, представляющая собой квадратный в плане постамент, на который ведут две лестницы, расположенные с юга и с севера. В западной части находилась женская галерея, представляющая собой антресоль с тремя арочными проемами, в простенках которых расположены две отопительные печи. Площадь женской части была 109 м², что от общей площади составляло почти треть. В восточной части молитвенного зала находится ниша священного шкафа Арон-кадыш, где хранился свиток Торы. Перед шкафом небольшой подиум с двумя лестницами. Здание выполнено в кирпичном стиле в сочетании элементов неоготики и классицизма, что являлось характерным для данного времени.

Найденные документы молитвенного дома «Зискина Клейнмана» и проведенный анализ позволяют нам на примере одного здания рассмотреть часть культуры еврейского народа. А в частности, архитектуру религиозных сооружений как яркий пример типичного молитвенного дома Беларуси периода XIX-XX вв.



Рис. 1 – Местоположение главной синагоги на месте старого Бреста

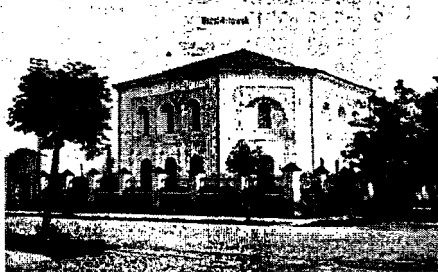


Рис. 2 – Синагога на месте кинотеатра «Беларусь»

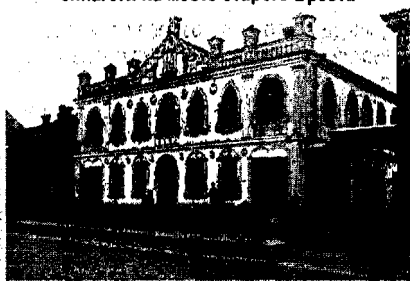


Рис. 3 – Молитвенный дом «Egdesz» (современный клуб «Прогресс»)



Рис. 4 – Макет синагоги «Зискина Клейнмана»

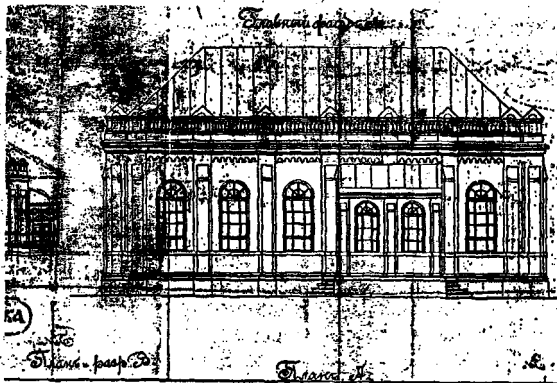


Рис. 5 – Фрагмент архивного документа (главный фасад синагоги «Зискина Клеймана»)

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальные рысы беларуской архітэктуры. А.І. Локотка, 1999.
2. Архітэктура еўрапейскіх синагог / А.І. Локотка. – Мн.: Ураджай, 2002. – 156 с.: ил.
3. Хаим Донин – Быть евреем – “Шамир” Иерусалим 5750(1990).
4. Розенблат Е.С. Брестская еврейская община.
5. Журнал “Радовод” № 2.
6. “Памяць” 2 т. Белта, 1997.
7. История г. Бреста-Литовска 1016-1907 г. Х. Зоненберга.

Архивные документы:

1. ф5 о3 д3216
2. ф5 о3 д3217
3. ф5 о3 д3204
4. ф2 о1 д1187
5. ф93 о1 д3079

УДК 528.482

Маркевич Э.А., Моращук Л.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Снякина Н.В.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА НАКЛОНА ОСИ ВРАЩЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В современных условиях мирового кризиса, когда не только возросли требования к качеству продукции, но и имеет место экономический, социальный аспект производства, строительной отрасли в Беларуси отдается приоритетное направление.

Геодезические работы при возведении зданий и сооружений являются неотъемлемой составной частью технологического процесса на всех этапах строительного производства. Качественное геодезическое обеспечение способствует ускорению выполнения отдельных строительного-монтажных операций, возведению уникальных объектов, монтажу, реконструкции и эксплуатации технологического оборудования различного назначения, что в итоге снижает стоимость, сокращает срок ввода в эксплуатацию и контролирует качество производства.

При производстве строительных материалов часто используются агрегаты и технологическое оборудование, имеющие прямолинейные, отвесные, наклонные и наклонно-

вращающиеся оси. К последним относятся вращающиеся печи обжига на производстве огнеупорных материалов и цементной промышленности. Качество монтажа вращающихся печей во многом определяет коэффициент полезного действия агрегатов при их эксплуатации [1, 2].

Значительное место при монтаже печей отводится геодезическим измерениям, обеспечивающим правильную установку узлов агрегатов в проектное положение и при выверке в процессе эксплуатации.

При монтаже конструкций технологического оборудования, имеющих наклонную ось вращения, иногда возникает задача точного измерения угла наклона оси вращения.

Общепринятая методика измерения вертикального угла предусматривает использование эклиметра, по дуговой шкале которого нужно взять два отсчета N_1 – при одном положении конструкции и N_2 – после поворота ее ровно на 180° ; при этом эклиметр должен быть жестко закреплен на конструкции. В зависимости от установки эклиметра разность отсчетов будет равна либо 2ϕ , либо $180^\circ - 2\phi$, где ϕ – обозначим угол наклона оси вращения. Поэтому

$$\phi = \pm \frac{(N_2 - N_1)}{2} \quad (1)$$

$$\phi = 90 \pm \frac{(N_2 - N_1)}{2} \quad (2)$$

Обычно вращающиеся конструкции технологического оборудования не имеют вертикального оцифрованного круга для измерения угла поворота, поэтому их поворот на 180° выполняют визуально «на глаз». Рассчитаем при этом погрешность измерения угла наклона и рассмотрим методику измерения, позволяющую исключить эту погрешность.

Угол наклона оси вращения измеряется в вертикальной плоскости, параллельной координатной начальной плоскости XOZ (рис. 1.1) он образуется осью вращения O_1O_2 и ее проекцией O_1A на горизонтальную плоскость XOY. При вращении линии O_1A около оси O_1O_2 , она описывает коническую поверхность. Пересекая эту поверхность плоскостью, проходящей через точку A и перпендикулярной оси O_1O_2 , получим конус, касающийся плоскости XOY по образующей O_1A (рис. 1.1).

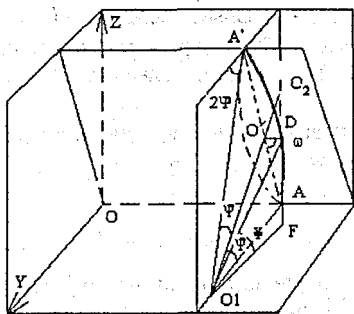


Рис. 1.1

Основание конуса проектируется на плоскость XOZ в виде эллипса (рис. 1.2).

Угол наклона γ образующей конуса ℓ при движении ее по поверхности конуса изменяется согласно математическому закону

$$\sin \gamma = \frac{R \cdot \cos \phi - r \cos \omega}{\ell} \quad (3)$$

где r – радиус-вектор эллипса;

ω – угол поворота конструкции вокруг оси.

Этот пример проиллюстрируем на рис. 1.2.

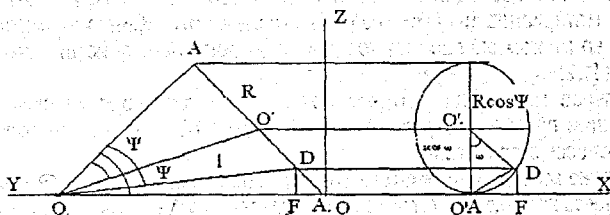


Рис 1.2

Выразим r через R , ϕ и ω , используя известные соотношения между параметрами эллипса, в результате получим

$$r = R \cos(1 - \sin^2 \phi \sin^2 \omega)^{-1/2} \quad (4)$$

Подставим значение формулы (4) в (3), получим

$$\sin \gamma = \sin \phi \cos \omega \left(\cos \omega (1 - \sin^2 \phi \sin^2 \omega)^{-1/2} - 1 \right). \quad (5)$$

Дифференцируя формулу (5) по ω и приравнявая нулю производную $\frac{d\gamma}{d\omega}$, можно найти значение угла поворота ω , при котором угол наклона γ имеет экстремальные (\max , \min) значения. Как и следовало ожидать,

$$\text{что } \frac{d\gamma}{d\omega} = 0 \text{ при } \omega_1 = 0^\circ \text{ и } \omega_2 = 180^\circ \quad (6)$$

Уравнение (5) в точках $\omega_1 = 0^\circ$ и $\omega_2 = 180^\circ$ примет вид

$$\sin \gamma_1 = 0^\circ; \quad \sin \gamma_2 = \sin 2\phi. \quad (7)$$

отсюда получаем следующие равенства

$$\gamma_1 = 0^\circ; \quad \gamma_2 = -2\phi. \quad \gamma_2 = 180^\circ - 2\phi. \quad (8)$$

Погрешность измерения угла наклона ϕ с использованием эклиметра зависит от погрешности установки эклиметра в начальное положение ($\gamma_1 = 0^\circ$) и погрешности в определении поворота конструкции на 180° . Для расчета суммарного влияния этих погрешностей воспользуемся формулой (5), предварительно приняв значения в окрестностях точек $\omega_1 = 0^\circ$ и $\omega_2 = 180^\circ$.

Обозначим истинную погрешность величин символом Δ . Тогда

$$\sin \omega = \frac{\Delta \omega}{\rho}; \quad \sin \gamma = \frac{\Delta \gamma}{\rho}; \quad \cos \omega = \pm 1. \quad (9)$$

$$\Delta \gamma = \Delta N = \sin^3 \phi \cos \phi \frac{(\Delta \omega^2)}{\rho}, \quad (10)$$

где ΔN – влияние на отсчет по эклиметру погрешности угла поворота конструкции $\Delta \omega$.

Учитывая, что $\Delta \phi = \Delta N \sqrt{2}$, рассчитаем интервал поворота конструкции (равный допустимой погрешности ее поворота $\Delta \omega$) в зависимости от заданной точности измерения угла наклона ϕ для разных его значений, данные приведены в табл. 1.

Из изученной схемы вопроса (таблица 1) можно предложить следующую методику измерения угла ϕ .

1. Выбрать из табл. 1 интервал $\Delta \omega$, соответствующий заданной точности измерения угла ϕ .

2. Закрепить эклиметр технологической конструкции объекта так, чтобы плоскость отсчетного круга эклиметра была вертикальна и параллельна оси вращения конструк-

ции. Крепление эклиметра должно жестко фиксироваться, чтобы обеспечить его надежную неподвижность при вращении конструкции.

Таблица 1 – Интервалы $\Delta\omega$ поворота конструкций

$\Delta\varphi \backslash \varphi$	30°	40°	50°	60°	70°	80°
10'	8°	6°	5°	5°	5°	6°
5'	6°	4°	3°	3°	3°	4°
2'	4°	3°	2°	2°	2°	3°
1'	2°	2°	1°	1°	1°	2°
30"	2°	1°	1°	1°	1°	1°
5"	0,8°	0,6°	0,5	0,5	0,5	0,6°

3. Повернуть конструкцию вокруг оси вращения на два-три интервала $\Delta\omega$.

4. Поворачивая конструкцию в обратном направлении, взять 5-6 отсчетов по эклиметру через каждый интервал $\Delta\omega$. Определить по измерениям отсчет № 1 – экстремальный.

5. Повернуть конструкцию примерно на 180°, не довернув 2-3 интервала $\Delta\omega$.

6. Поворачивая конструкцию в том же направлении, взять 5-6 отсчетов по эклиметру через каждый интервал $\Delta\omega$, по ним определить второй экстремальный отсчет № 2.

7. По формуле (1) или (2) вычислить угол φ .

Предлагаемая методика рассчитана на применение типовых эклиметров. В случае необходимости для измерения угла наклона оси вращения конструкции можно применить теодолит соответствующей точности [3].

По описанной методике были выполнены полевые испытания и измерены углы наклона оси вращения опорно-поворотных устройств крупного радиотелескопа ООО «Сигнал» г. Бреста.

При использовании измерений вертикальным кругом теодолита точность определения угла наклона оси вращения конструкции составляет 5"±3".

ЛИТЕРАТУРА

1. Неумывакин Ю.К., Сухов А.Н., Шмелин Н.А. Геодезический контроль качества строительно-монтажных работ. – М.: Стройиздат, 1988.
2. Руководство по геодезическому обеспечению монтажа и эксплуатации технологического оборудования цементной промышленности. – М.: Недра, 1989.
3. Михелев Д.Ш. Инженерная геодезия. – М., Высшая школа, 2001.

УДК 519.3: 681.3

Рудлевский Д.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.

К РАСЧЕТУ ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ УПРУГОЙ ПОДАТЛИВОСТИ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В реальных сооружениях соединение стержней в узлах чаще всего не является идеально жестким либо шарнирным, а имеет определенную упругую податливость, которая обычно не учитывается в расчетах, но может существенно влиять на распределение усилий в системе. Для учета этого фактора необходимо в методике расчета учитывать возможность упругой податливости узловых соединений.

В качестве метода расчета выбран метод конечных элементов, который сегодня является одним из основных и наиболее мощных инструментов численного исследования конструкций и сооружений при решении задач расчета сооружений [2]. Метод конечных элементов отличается достаточной простотой, физической наглядностью, высокой логичностью и универсальностью.

При расчете сооружений методом конечных элементов основным разрешающим уравнением [3] является уравнение вида:

$$[K]\{\Delta\} = \{P\}, \quad (1)$$

где $[K]$ – матрица жесткости системы,

$\{\Delta\}$ – вектор перемещений узлов системы,

$\{P\}$ – вектор внешних узловых нагрузок.

Учет упруго-податливого соединения элементов в узлах вызовет соответствующие изменения в матрицах $[K]$ и $\{P\}$. Так как эти матрицы могут быть сформированы из матриц отдельных конечных элементов (КЭ) [3], учет упругой податливости присоединения КЭ к узлам может быть выполнен на уровне определения матриц жесткости и векторов нагрузок КЭ.

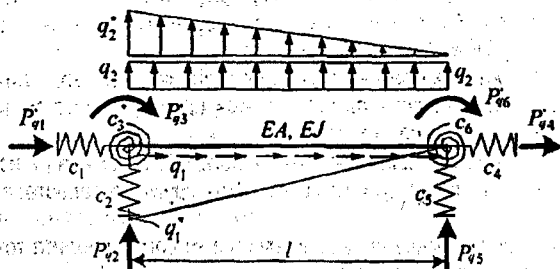


Рис. 1 – Схема конечного элемента с упруго-податливыми связями

Для КЭ, присоединяющихся к узлам с помощью упруго-податливых связей, жесткости которых определяются величинами c_1 – c_6 (рис. 1) (c_1, c_4 – жесткости горизонтальных связей в начале и в конце стержня, c_2, c_5 – жесткости соответствующих вертикальных связей, c_3, c_6 – жесткости угловых связей), матрица жесткости в местной системе координат получена в работе [1] и имеет вид:

$$[K_3] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EJ}{l^3} k_1 & -\frac{6EJ}{l^2} k_2 & 0 & \frac{12EJ}{l^3} k_1 & \frac{6EJ}{l^2} k_4 \\ 0 & -\frac{6EJ}{l^2} k_2 & \frac{3EJ}{l} (k_2 + k_3) & 0 & \frac{6EJ}{l^2} k_2 & \frac{3EJ}{l} (k_2 - k_3) \\ \hline -\frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 & \frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EJ}{l^3} k_1 & \frac{6EJ}{l^2} k_2 & 0 & \frac{12EJ}{l^3} k_1 & \frac{6EJ}{l^2} k_4 \\ 0 & -\frac{6EJ}{l^2} k_4 & \frac{3EJ}{l} (k_2 - k_3) & 0 & \frac{6EJ}{l^2} k_4 & \frac{3EJ}{l} (k_4 + k_5) \end{bmatrix} \quad (2)$$

где EA, EJ – продольная и изгибная жесткости стержня. В (2) обозначено:

$$k_N = \frac{1}{1 + (c_1 + c_4) \frac{EA}{l}}; \quad k_1 = \frac{t_4}{t_2 t_4 - 3t_3^2}; \quad k_2 = \frac{t_3 + t_4}{t_2 t_4 - 3t_3^2};$$

$$k_3 = \frac{1}{3t_4} + \frac{t_3}{t_4} k_2; \quad k_4 = \frac{t_4 - t_3}{t_2 t_4 - 3t_3^2}; \quad k_5 = \frac{1}{3t_4} + \frac{t_3}{t_4} k_4, \quad (3)$$

$$t_2 = 1 + (c_2 + c_5) \frac{12EJ}{l^3} + (c_3 + c_6) \frac{3EJ}{l}; \quad t_3 = (c_6 - c_3) \frac{EJ}{l}; \quad t_4 = 1 + (c_3 + c_6) \frac{EJ}{l}. \quad (4)$$

При действии на конечные элементы распределённых нагрузок в методе конечных элементов их необходимо преобразовывать к узловым. Это преобразование для конечных элементов, упруго-податливо присоединяемых к узлам, не будет совпадать со случаями жёстко-шарнирного соединения конечных элементов в узлах и может быть получено также на основе расчётов соответствующих конечных элементов [1]. Для случая нагружения КЭ распределёнными нагрузками, представленными на рис. 1, величины узловых нагрузок для него будут определяться выражением

$$\{P'_q\} = \begin{Bmatrix} P'_{q1} \\ P'_{q2} \\ P'_{q3} \\ P'_{q4} \\ P'_{q5} \\ P'_{q6} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{q_1 l}{2} f_{q1} + \frac{q_1^2 l}{6} (3 - s_{q1}) \\ \frac{q_2 l}{2} (1 - f_{q2}) + \frac{q_2^2 l}{20} (10 - u_{q1}) \\ -\frac{q_2 l^2}{12} (1,5 - 3f_{q2} - f_{q3}) - \frac{q_2^2 l^2}{120} (20 + u_{q2} - 6u_{q1}) \\ \frac{q_1 l}{2} f_{q1} + \frac{q_1^2 l}{6} s_{q1} \\ \frac{q_2 l}{2} (1 + f_{q2}) + \frac{q_2^2 l}{20} u_{q1} \\ \frac{q_2 l^2}{12} (1,5 + 3f_{q2} - f_{q3}) + \frac{q_2^2 l^2}{120} u_{q2} \end{Bmatrix}, \quad (5)$$

где $f_{q2} = \frac{3 t_2 t_4 - t_3^2 t_3}{6 t_3^2 - 2 t_2 t_4}; \quad f_{q3} = 3 f_{q2} \frac{t_3}{t_4} + \frac{t_3}{2 t_4}; \quad u_{q2} = \frac{3 u_2 u_{q1} - 5 s_{q3}}{u_3},$

$$u_{q1} = \frac{8 s_{q2} u_3 - 5 s_{q3} u_2}{4 u_1 u_3 - 3 u_2^2}; \quad t_{q2} = \frac{EJ}{l} \left(\frac{1}{c_6} - \frac{1}{c_3} \right) + \frac{8EJ}{l^3} \left(\frac{1}{c_5} - \frac{1}{c_2} \right);$$

$$t_{q3} = 1 + \frac{3EJ}{l} \left(\frac{1}{c_3} + \frac{1}{c_6} \right); \quad s_{q2} = 1 + \frac{15EJ}{c_2 l^3}; \quad s_{q3} = 1 + \frac{4EJ}{c_3 l}; \quad (6)$$

$$u_1 = 1 + \frac{3EJ}{l^3} \left(\frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_5} \right) + \frac{3EJ}{c_3 l}; \quad u_2 = 1 + \frac{2EJ}{c_3 l}; \quad u_3 = 1 + \left(\frac{1}{c_3} + \frac{1}{c_6} \right) \frac{EJ}{l}; \quad t_2, t_3, t_4 - \text{см. (3).}$$

Преобразование матриц жесткости и векторов внешних нагрузок конечных элементов из местных в общую систему координат производится с помощью выражений [3]:

$$[K] = [T_\alpha]^T [K'] [T_\alpha]; \quad \{P_q\} = [T_\alpha]^T \{P'_q\}, \quad (7)$$

где $[T_\alpha], [T_\alpha]^T$ – обычная и транспонированная матрицы преобразования координат.

Процедура формирования матрицы жесткости системы из матрицы жесткости ее элементов описана в работе [2].

После определения перемещений узлов из решения системы уравнений (1) усилия в элементах сооружения (в местной системе координат) определяются с помощью зависимости

$$\{r'_s\} = [K'_s] \cdot [T_{os}] \cdot \{\Delta_s\} - \{P'_{qs}\}, \quad (8)$$

где $\{\Delta_s\}$ – перемещение узлов рассматриваемого элемента;

$\{P'_{qs}\}$ – вектор узловых сосредоточенных сил в местной системе координат от действия на элемент распределенных нагрузок.

В соответствии с изложенной методикой для расчета систем методом конечных элементов может быть предложен следующий алгоритм [2]:

1. Определение расчетной дискретной модели стержневой системы (разделение ее на конечные элементы, назначение узлов) и описание ее структуры (нумерация узлов и стержней).

2. Выбор общей и местных систем координат и определение координат узлов в общей системе координат.

3. Составление матрицы перемещений узлов расчетной дискретной модели системы $\{\Delta\}$.

4. Идентификация конечных элементов (определение их типов, длин, жесткостей и установление соответствия между номерами стержней и номерами начального и конечного узлов КЭ).

5. Преобразование внешних нагрузок (преобразование пролетных равномерно распределенных нагрузок на стержни к узловым нагрузкам, преобразование сосредоточенных узловых сил из местных систем в общую систему координат, определение суммарных узловых сил в каждом узле дискретной модели).

6. Построение матриц жесткости конечных стержневых элементов $[K'_s]$ в местных системах координат.

7. Определение для каждого конечного элемента направляющих синусов и косинусов и составление матриц преобразования $[T'_{os}]$.

8. Получение матриц жесткости конечных элементов $[K_s]$ в общей системе координат (2).

9. Формирование матрицы жесткости $[K]$ всей системы в общей системе координат.

10. Получение системы разрешающих уравнение путем учета граничных условий (наличия или отсутствия опорных связей).

11. Решение системы разрешающих уравнений и определение узловых перемещений $\{\Delta\}$ расчетной модели.

12. Определение усилий $\{r'_s\}$ в конечных элементах (8), построение эпюр внутренних сил в системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисевич А.А. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Мн.: БНТУ, 2007. – 821 с.

2. Игнатюк В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем: учебное пособие. – Брест: БрГТУ, 2007. – 172 с.

ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ, ЭВМ И СИСТЕМ

АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ШАРОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR

В настоящее время значительное число конструкторов-машиностроителей в корне поменяли свой подход к процессу проектирования, перейдя от двумерных систем автоматизированного проектирования к трехмерным, реализующим идею выполнения компьютерных моделей с твердотельными свойствами. Этого требуют конкуренция и необходимость сокращения сроков проектирования. Для большинства конструкторов возможность выразить свои разработки в трехмерном виде означает большую творческую свободу и эффективность.

Важным преимуществом твердотельного моделирования является возможность использования результатов моделирования на последующих стадиях – например, для инженерных расчетов или генерации программ для станков с ЧПУ.

В настоящей работе рассмотрены принципы создания виртуальной модели приспособления для обработки шаровой поверхности, анализируются преимущества трехмерного моделирования, основные положительные стороны использования Autodesk Inventor для нужд машиностроения.

При помощи Autodesk Inventor Studio созданы реалистичные изображения и анимации для демонстрации изделия.

1. Анализ преимуществ твердотельного моделирования в среде Autodesk Inventor

1.1. Лучшее визуальное представление изделия

Самое очевидное отличие твердотельного моделирования от двумерного черчения – это создание точной трехмерной компьютерной модели проектируемого изделия. Выразить трехмерный мысленный образ в плоских проекциях – непростая задача. Трехмерное моделирование помогает нам сократить время, необходимое для преобразования пространственного образа в двумерные чертежи. Графические возможности современных компьютеров позволяют отображать трехмерные модели с высокой реалистичностью.

Твердотельное моделирование – более естественный способ выразить суть изделия. Лучшее визуальное представление изделия помогает и на последующих стадиях проекта. Например, из модели можно автоматически получить изображение всех компонентов в разобранном виде и использовать его в качестве иллюстрации в инструкции по сборке.

Тонированные изображения, полученные по объемным моделям, более наглядны по сравнению с двумерными чертежными проекциями, а значит – более предпочтительны для презентаций и технических статей. Autodesk Inventor позволяет более четко и ясно демонстрировать проекты заказчикам – в первую очередь тем, кто не является специалистом в техническом черчении.

1.2. Автоматизированное получение рабочих чертежей

Одним из главных преимуществ трехмерного моделирования является возможность быстрого формирования чертежей.

Виды в различных проекциях создаются автоматически. В качестве исходного материала для них служит объемная модель. Такая тесная связь двумерного и трехмерного пространств – важное положительное качество Autodesk Inventor.

1.3. Легкость внесения изменений в проект

Созданием первоначального образца конструкции преимущества объемного моделирования не исчерпываются. В трехмерную модель удобно вносить изменения, а чертежи после этого не надо формировать заново – достаточно вызвать команду их обновления.

Трехмерные системы автоматизированного проектирования позволяют использовать имеющиеся наработки, сокращая тем самым проектный цикл. Благодаря параметризации конструкций после корректировки какого-либо размера система пересчитывает все размеры, которые зависят от него, и затем обновляет всю модель.

Детали редко проектируются в отрыве от изделий, для которых они предназначены. Часто одна деталь определяет, какую форму и размеры должны иметь другие. В традиционных САПР есть поддержка параметрических зависимостей между деталями, и для простых механизмов ее бывает вполне достаточно, но сложные машины с нелинейной конфигурацией требуют более передовых методов.

Выходом является адаптивная технология Autodesk Inventor. Детали описываются в контексте изделий; форма, размеры и расположение задаются путем несложного группирования. Конструктор, редактируя детали, может сразу видеть, как вносимые им изменения влияют на изделие в целом.

1.4. Интеграция с другими приложениями

В трехмерных моделях содержится намного больше инженерной информации, чем в двумерных чертежах. Многие расчетно-инженерные функции уже интегрированы в Inventor. Сами разработчики изделий могут анализировать напряжения и деформации методом конечных элементов, выполнять кинематический и вариационный анализ. Возможные ошибки конструирования выявляются уже на ранних стадиях.

1.5. Экономические преимущества

Более тесная интеграция систем проектирования и производства бережет и время, и средства.

Имея объемную модель, построенную в Inventor, мы можем быстро объяснить ее устройство даже тем, кто раньше совсем не был с ней знаком. Поскольку все имеет дело с трехмерной конструкцией, стадии проверки и утверждения проекта длятся заметно быстрее.

Autodesk Inventor – это та движущая сила, которая делает производителей ближе к потребителям продукции. Целесообразно применять трехмерные модели независимо от сложности задач. Даже для простых деталей полезно иметь объемные модели. Система работает быстро и проста в управлении. На построение трехмерной модели и формирование по ней чертежей будет затрачено существенно меньше труда и времени, чем на построение видов традиционным способом в AutoCAD. А из трехмерной модели получить такие виды можно всего за несколько секунд. Для многих проектных фирм возможность автоматически готовить изометрические виды, сечения и схемы позволяет экономить время и средства. Продукция становится более совершенной. Снижаются издержки, сокращается производственный цикл, а это значит, что производители укрепляют свои позиции на рынке. Быстрее вывести новое изделие на рынок – значит не только сэкономить деньги на разработке, но и приблизить момент, когда вложения в изделие начнут приносить прибыль.

2. Методика создания виртуального прототипа приспособления для обработки шаровой поверхности

2.1. Основные принципы создания виртуальной модели

По имеющимся рабочим чертежам [1] была выполнена трехмерная модель приспособления для обработки шаровой поверхности.

Основными операциями, применяемыми при моделировании отдельных трехмерных составляющих механизма, явились операции выдавливания, вычитания, вращения, выполнение сопряжений и фасок, использование винтовой линии для создания пружин.

Инструментальная палитра Autodesk Inventor имеет максимально простой «спартанский» вид. Для создания эскиза затрачивалось минимальное количество времени. Мощный анализатор среды позволяет хорошо распознавать эскиз, обращаться к некоторой его части.

Inventor позволяет с помощью функции присвоения материала детали, изменения оптических свойств максимально реалистично ее представить (рисунок 1).



Рис. 1 – Модель корпуса приспособления

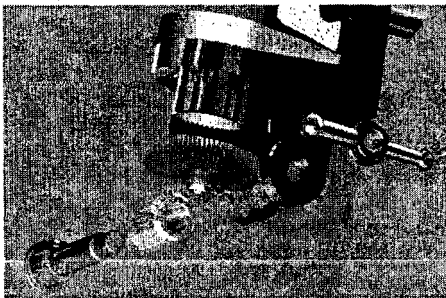


Рис. 2 – Процесс анимации зависимостей в процессе сборки

Сборка деталей в узле осуществляется максимально просто. Для позиционирования детали в узле в инструментальной палитре выбирается инструмент «Зависимости», с помощью анализа пересечений осуществляется проверка правильности сопряжений. Autodesk Inventor позволяет как создавать детали непосредственно в контексте узла, так и вставлять в узел существующие детали.

Далее законченная модель приспособления была приведена в движение, что позволило проследить работу механизма, правильность выполненных сопряжений (зависимостей).

Тонированные изображения и анимации получены прямо в среде Autodesk Inventor. Autodesk Inventor Studio позволяет создавать реалистичные изображения и анимации для демонстрации изделия.

Inventor предоставляет возможность анимации тех зависимостей, которые были наложены в процессе сборки изделия, это дает возможность проследить порядок сборки (рис. 2).

Одновременно с этим становится возможным при помощи анимации камеры обратить внимание на некоторые отдельные моменты при сборке, последовательность этих анимаций отображается на временной шкале. Принцип состоит в том, что в определенный момент времени происходит некоторое событие (анимация положения, зависимости).

Завершающим этапом является визуализация полученного ролика, т.е. происходит процесс декодирования, просчета всех событий, которые были занесены во временную шкалу.

В современных условиях высокой конкуренции, необходимости улучшения качества продукции машиностроения, вопрос оптимизации проектирования стоит особенно остро. Конкурентоспособность белорусских товаров напрямую зависит от сокращения издержек на проектирование и производство.

Внедрение технологии трехмерного моделирования в среде Autodesk Inventor обеспечивает качественно новый подход к проектированию, дает возможность эконо-

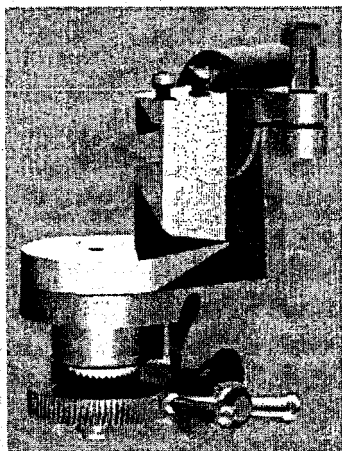


Рис. 3 – Законченная модель приспособления для обработки шаровых поверхностей

мить временные, финансовые затраты, а использование моделей для инженерных расчетов и генерации программ для станков с ЧПУ позволяет совершенствовать качество выпускаемой продукции.

В конечном итоге внедрение прогрессивных технологий проектирования обеспечит возможность выхода белорусских предприятий на мировой рынок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альбом заданий для выполнения сборочных чертежей: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.В. Рассохина. – 2-е изд. перераб и доп. – М.: Машиностроение, 1974. – 72 с.

2. Эффективное трехмерное проектирование машиностроительных изделий. Буклет Autodesk Inventor Series. CADmaster, 4'2004. – 24 с.

УДК 621.9.01

Сокол В.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Драган А.В.

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РЕЗАНИИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Характерные черты развития современного машиностроения – это автоматизация технологических процессов, широкое внедрение робототехники, высокая производительность труда. Среди различных технологий, применяемых в машиностроении, обработка резанием является одним из основных методов получения деталей машин. Это обуславливает необходимость развития и внедрения средств автоматизации, непосредственно связанных с процессом резания, в том числе контроля и мониторинга технического состояния режущих инструментов и элементов станочных систем. Своевременный вывод из работы режущего инструмента позволяет не допустить поломки, что приводит к экономии инструментального материала при переточке и увеличению срока службы режущего инструмента. В результате достигается экономия материальных ресурсов, что является важным в современном машиностроении, и, в конечном счёте, позволяет повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Существует множество методов контроля работоспособности режущего инструмента. Все эти устройства различаются по объекту контроля, в роли которого может выступать режущий инструмент, обрабатываемая деталь, стружка или параметры процесса резания.

В проводимых исследованиях в качестве метода оценки состояния режущего инструмента используется косвенный контроль элементов станочных систем и режущего инструмента, основанный на определении уровня и закономерностей изменения таких параметров процесса резания, как силы резания и вибрации, возникающие в процессе обработки. Выбор последних в качестве контролируемых параметров обуславливается тем, что изменение именно этих величин позволяет с достаточно высокой достоверностью судить об изменении состояния как режущего инструмента, так и технологической системы в целом [1, 2, 3, 4].

Благодаря тесному сотрудничеству специалистов БрГТУ и БГУ, в качестве средства для проведения исследований динамических явлений в технологических системах разработан аппаратно-программный комплекс. Благодаря своим технико-метрологическим характеристикам и ряду его оригинальных функций по обработке измерительных сигналов, комплекс позволяет осуществлять комплексную диагностику оборудования и детальное изучение процессов, происходящих в инструментальных и станочных системах при обработке резанием.

Система представляет собой компактный измерительный модуль, выполненный на современной элементной базе и работающий под управлением компьютера. Комплекс

позволяет проводить точные измерения по 4 независимым каналам параметров виброускорений и сил резания. На рисунке 2 представлено окно программной системы с графическим отображением процессов изменения силы резания и виброускорений при токарной обработке.

Благодаря современным программным средствам, комплекс позволяет производить обработку результатов измерений по оригинальным алгоритмам и производить запись результатов измерений и обработки данных в память компьютера. В частности, программные средства позволяют производить спектральный анализ процессов с различной шириной полосы в натуральных и логарифмических единицах, определять СКЗ и его изменение в течение всей длительности измерения, производить трехмерное время-частотное представление колебательных процессов при резании с использованием преобразования Габора с высоким разрешением по частоте и другие виды обработки.

В качестве первичных измерительных преобразователей для измерения вибраций

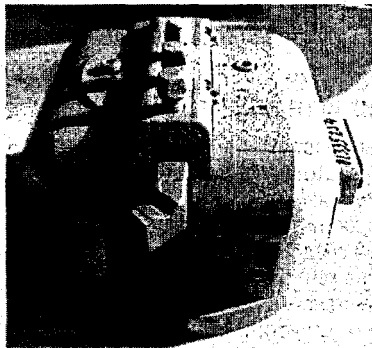


Рисунок 1 – Общий вид универсального динамометра СУПР-600

использовались пьезоэлектрический акселерометр модели AP-98. Для измерения сил резания применялись тензометрические резисторы с номинальным сопротивлением 100 Ом, соединенные в мостовую схему. Данные измерительные преобразователи установлены в универсальном динамометре СУПР-600, который был адаптирован для работы с имеющимся контрольно-измерительным комплексом (рис. 1). Он позволяет измерять составляющие силы резания при точении, фрезеровании, шлифовании, осевую силу и крутящий момент при сверлении, зенкерованиях, развертывании, нарезании резьбы метчиком и рассчитан на максимальное значение P_z , равное 6 кН.

Исследования производились на станке 16K20 при обработке заготовки из стали 35 при различных режимах резания.

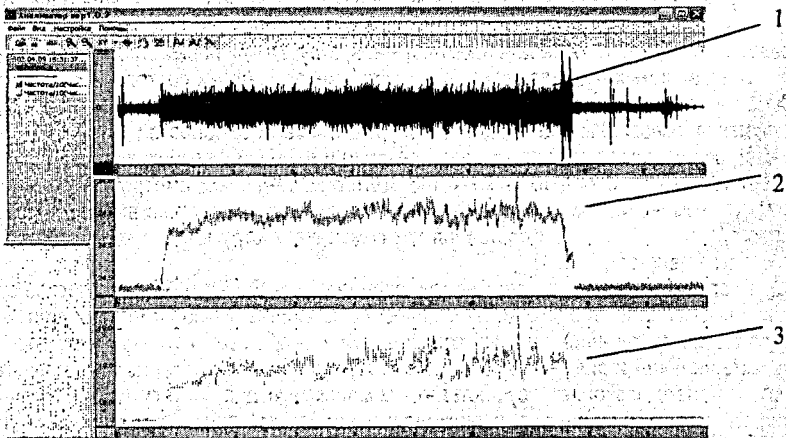


Рисунок 2 – Общий вид сигналов, полученных при предварительных исследованиях: 1 – сигнал вибрации, измеряемый виброакселерометром AP-98; 2 – сигнал, соответствующий составляющей силы резания P_z ; 3 – сигнал, соответствующий составляющей силы резания P_y

Получаемые характеристики чётко отражают качественную картину нагружения инструмента при механической обработке, его входа в контакт с заготовкой и выхода из него, а также резания в установившемся режиме работы. Так, например, на участке установившейся работы на сигналах зафиксированы колебания силы и вибраций, вызванные явлением образования и срыва нароста, сопровождающимся периодическим изменением переднего угла инструмента, что приводит к соответствующему изменению условий резания и возникающих при этом сил и вибрационной активности. По результатам исследований была разработана программа, позволяющая оперативно определять эмпирические формулы и составляющие в них для расчёта сил резания.

Учитывая высокую чувствительность сигналов вибрации к изменению состояния режущего инструмента в результате изнашивания рабочих поверхностей, был проведён ряд опытов путём моделирования износа режущего инструмента. Сопоставляя сигналы 1 и 2, полученные в результате исследований (рисунок 3) было определено, что с ростом площадки износа на задней поверхности инструмента возрастает амплитуда высокочастотных колебаний, что подтверждает имеющиеся теоретические предпосылки [3].

Используя возможности программных средств, при помощи преобразования Фурье существует возможность построения спектров сигналов вибрации, позволяющих оценить уровень амплитуды колебаний на определённой частоте.

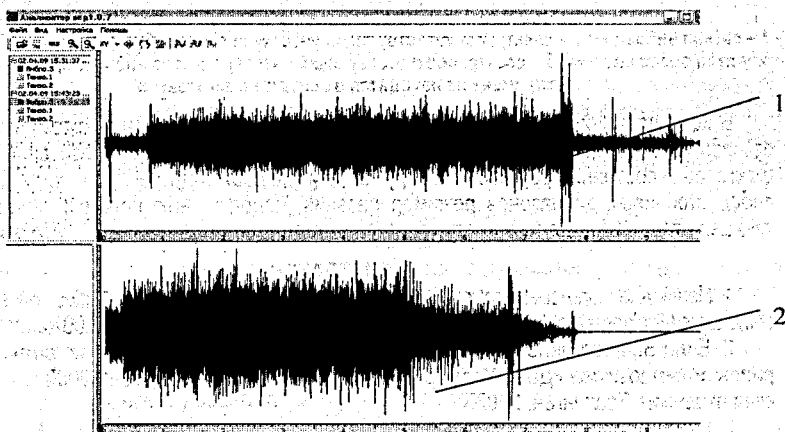


Рисунок 3 – Изменение характера колебаний при затуплении инструмента:

1 – характер колебаний при обработке острым инструментом;

2 – характер колебаний при обработке инструментом с образовавшейся площадкой износа

Так, на рисунке 3 изображены спектры, один из которых (спектр 2) отображает колебания как инструмента при резании, так и колебания, которые создаются различными элементами технологической системы. Спектр 3 отображает частоты и амплитуду колебаний, создаваемых приводом станка. Сопоставляя приведённые спектры, представляется возможность проводить анализ составляющих вибрации, связанных непосредственно с процессом резания.

Помимо этого, произведенные исследования процесса резания на токарном станке позволили накопить экспериментальную базу для формирования диагностических признаков состояния инструмента в результате его износа и повреждения. Также изменение режимов резания в различных комбинациях позволило установить частотные и амплитудные закономерности процесса наростообразования; а также установить режимы, на которых эти колебания при установившейся работе минимальны.

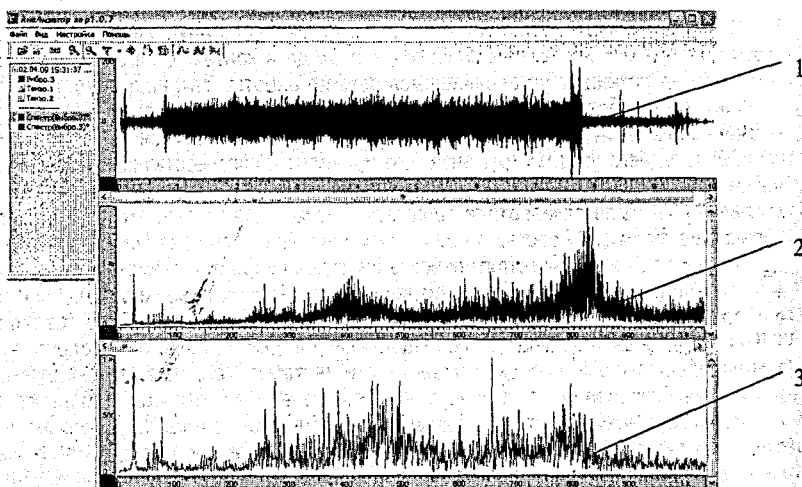


Рисунок 4 – Спектры колебаний при нагруженном и ненагруженном инструменте:
 1 – сигнал вибрации; 2 – спектр, соответствующий участку сигнала вибрации, на котором происходит процесс резания; 3 – спектр, соответствующий участку сигнала вибрации, на котором инструмент не находится в контакте с заготовкой

В ходе дальнейших исследований с применением новых возможностей аппаратно-программных средств предполагается расширить знания о взаимосвязи динамических факторов и состояния режущего инструмента и предоставить рекомендации по выбору виброустойчивых диапазонов режимов резания, недопущению поломки, замене работающей пластины или всего инструмента, корректировке управляющей программы [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Hennik Akesson Active control of vibration and analysis of dynamic properties concerning machine tools / Blekinge Institute of Technology, Licentiate Dissertation Series N 2007:04. – 2007.
2. Билл Б., Госсвайлер К., Кирххайм А., Оттер Д. Пьезоэлектрические датчики: материалы 9 симпозиума «Датчики и сбор данных измерения», 4-6 июня 2002 г. / Техническая академия Есслинген, 2002.
3. Kosmol J. Automatyizacja obrabiarec i obrobki skrawaniem. – Warszawa: WNT, 2000.
4. Ящерицын П.И. [и др.]. Теория резания. – Мн.: Новое знание, 2006.
5. Драган А.В., Стецко И.П., Ромашко Д.А., Левкович Н.В. Новые аппаратно-программные средства для исследования и диагностики механических систем // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2006. – № 4. – С. 17-26.

УДК 621.91.002

Мелещук М.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Медведев О.А.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ДЕТАЛЕЙ КАК ОСНОВА ЕГО АВТОМАТИЗАЦИИ

Точность изготовления и сборки изделия, а, следовательно, его надежность и качество в значительной степени определяются грамотностью и обоснованностью выбора технологических баз механической обработки деталей. От выбора технологических баз,

являющегося одним из наиболее важных этапов проектирования техпроцессов, зависит точность взаимного расположения поверхностей детали, порядок обработки поверхностей, конструкция установочно-зажимных приспособлений.

В технологии машиностроения главные особенности подхода к автоматизации подобного рода проектных задач заключаются в основном в сложности реализации и низком уровне формализации из-за наличия множества различных вариантов решений, преимущественно по причине большого количества влияющих факторов. Под сложностью здесь следует также понимать уровень автоматизации тех проектных решений, которые необходимо реализовать в создаваемом программном продукте.

На выбор баз большое влияние оказывает простановка размеров на чертежах деталей, так как конструкторская документация в совокупности с годовой программой выпуска являются основной базовой информацией для проектирования технологического процесса механической обработки. На чертеже при этом должны быть указаны все необходимые размеры, допуски формы и взаимного расположения поверхностей, технические требования, а также должны отсутствовать лишние размеры.

Для выполнения размерного анализа чертежа детали целесообразно представить все размерные связи в упорядоченной, наглядной и компактной форме – в виде графа.

В математике под графом понимается пара множеств – множество V вершин, соответствующих анализируемым объектам и множество X пар вершин (рёбер), соответствующих взаимосвязям между объектами.

При построении графа размерных связей чертежа деталей под элементами множества V понимают конструктивные элементы детали (поверхности, линии, оси поверхностей, оси симметрии, точки). Второе множество X – множество ребер – это размеры объектов, размеры и допуски, определяющие взаимное расположение объектов, текстовые технические требования, иногда и косвенно заданные размеры, учет которых не приводит к замкнутым контурам размеров.

При визуализации схематично граф изображается множеством окружностей (вершин), соединенных линиями (ребрами). На поле схемы вершины располагают произвольно, но так, чтобы рёбра не пересекались. Внутри окружностей указывают номера объектов, предварительно нанесенные на чертеж детали, а около рёбер указывают соответствующие размеры или их условные обозначения. Для наглядности и облегчения анализа графа симметричные поверхности (цилиндры, конусы), а также поверхности, расположенные симметрично, обозначают тем же номером, что и их оси. Однако к обозначению оси поверхности добавляют букву "О", а к обозначению оси симметрии – буквы "ОС". Вершины, соответствующие необрабатываемым резанием поверхностям и их осям, следует выделять двойной окружностью или другим цветом. Соединив вершины графа линиями, соответствующими имеющимся на чертеже размерам, допускам, техническим требованиям, получаем исходный граф.

Графы размерных связей чертежа детали строятся отдельно по каждому из шести координатных направлений (трьм линейным и трём угловым). При построении графа линейных размерных связей вдоль выбранной координатной оси из рассмотрения исключаются (не фигурируют на графе) объекты, параллельные данной оси, так как они не могут служить границами размеров, направленных вдоль неё. При построении графа угловых размерных связей по поворотам вокруг выбранной оси по той же причине из рассмотрения исключаются угловые размеры, лежащие в плоскостях, параллельных данной оси.

В общем случае при построении графа для несимметричных деталей полная информация о размерах содержится в трех графах по линейным координатам и трех по угловым координатам.

Построенные по указанным правилам графы, содержащие имеющиеся на чертеже размерные связи, считаются исходными и подлежат оценке их соответствия правильной

простановке размеров по ряду формальных признаков:

- на каждом графе должны отсутствовать оторванные вершины или их группы, от которых по имеющимся рёбрам нельзя перейти к любой вершине графа. Их наличие означает, что на чертеже детали не хватает размеров, допусков формы и взаимного расположения, текстовых технических требований и т.п.;

- на каждом графе не должно быть замкнутых контуров из вершин и ребер. Их наличие означает, что проставлены лишние размеры;

- на каждом графе группа вершин, соответствующих обрабатываемым резанием поверхностям, должна быть связана лишь одним ребром с группой вершин, соответствующих необрабатываемым поверхностям (для уяснения этого нужно вершины, соответствующие обработанным поверхностям, выделять либо двойной окружностью, либо другим цветом);

- на каждом графе к вершине, соответствующей основной конструкторской базе детали (используемой для её базирования в сборочной единице), должно примыкать значительное число ребер.

При отступлении от указанных требований, графы следует исправить, добавляя или удаляя ребра. При этом предпочтительнее оставлять рёбра, соответствующие: размерам, связывающим объекты детали с основными конструкторскими базами; размерам с более жёсткими допусками; размерам и допускам, действующим по нескольким координатным направлениям; размерам, которые удобно получать и контролировать при обработке детали.

При выборе технологических баз механической обработки от простановки размеров на чертеже детали зависит возможность соблюдения основных принципов базирования — единства и постоянства баз.

Первоначально необходимо производить выбор комплекта чистовых баз, так как обоснованно выбрать базы можно только в том случае, если четко известно, какие поверхности от них необходимо обрабатывать, и какие размеры требуется выдержать.

Необходимо выбрать такой вариант базирования детали при чистовой обработке, при котором принцип единства баз соблюдается для большинства размеров детали при постоянном комплекте технологических баз. Для выбора такого комплекта технологических баз удобно использовать исправленные графы размерных связей детали. Каждый граф содержит только те объекты, которые могут быть границами размеров по данному координатному направлению, а, следовательно, могут быть выбраны в качестве технологической базы для ориентации детали по этому направлению. Лучшей базой для данного координатного направления будет тот объект, к которому примыкает большинство ребер графа, и, следовательно, он является границей для большинства размеров в данном координатном направлении. Эти факторы позволяют выбрать объекты детали в качестве чистовых технологических баз и оценивать их по числу лишаемых степеней подвижности, используя формальные признаки: число примыкающих ребер графа; наличие объекта на тех или иных графах.

Выбор черновых баз, используемых для базирования заготовки только один раз по каждому координатному направлению на первой (первых) операции мехобработки, выполняется по следующим правилам (по убыванию приоритета):

1. В качестве черновой базы следует выбрать ту поверхность заготовки, после обработки которой получается наиболее точная и ответственная поверхность детали. Это обеспечивает наибольшую равномерность припуска при последующей обработке этой ответственной поверхности и будет способствовать её высокой точности;

2. В качестве черновой базы желательно выбирать поверхности детали необрабатываемые резанием. Это обеспечит более точное взаимное расположение системы обрабатываемых резанием поверхностей относительно необрабатываемых.

Принимая приоритет первого правила и считая, что наиболее точные поверхности должны быть связаны с чистовыми базами точными угловыми размерами, выбор черновых баз следует выполнять в следующем порядке:

1. По графам угловых размерных связей определяем поверхность детали, связанную самым точным угловым размером с объектом, отмеченным как чистовая база индексом "Б". В качестве черновой базы принимается та поверхность заготовки, под которой будет находиться ранее указанная точная поверхность детали. Если эта поверхность фигурирует на двух графах угловых связей и двух графах линейных связей, то принятая черновая база будет использоваться как двойная направляющая. Если эта поверхность фигурирует в двух графах угловых связей, и одном графе линейных связей, то принятая черновая база будет использоваться как установочная;

2. По оставшемуся третьему графу угловых связей определяем поверхность детали, связанную самым точным (на данном графе) угловым размером с объектом отмеченным индексом "Б". В качестве черновой базы принимается та поверхность заготовки, под которой будет находиться найденный объект. Если ранее принята черновая установочная база, то на данном этапе выявляется черновая направляющая база. Если ранее принята двойная направляющая база, то на данном этапе выявляется черновая опорная база.

3. Оставшаяся опорная черновая база выявляется по тому графу линейных связей, на котором отсутствуют объекты детали, лежащие под ранее выбранными черновыми базами. В качестве опорной черновой базы принимается та поверхность заготовки, под которой находится объект детали, связанный самым точным линейным размером с поверхностью, отмеченной индексом "Б".

Если при выборе черновых баз принять приоритет второго правила, то в качестве черновых баз следует принять те необрабатываемые объекты на графах угловых размерных связей, которые соединены ребрами с обрабатываемыми объектами. Принимается аналогичная предыдущим последовательность выбора:

1. По графам угловых размерных связей выделяется необрабатываемая поверхность детали, связанная с чистовыми базами, отмеченными индексом "Б". Если выявленная необрабатываемая поверхность фигурирует на двух графах угловых связей и двух графах линейных связей, она будет использоваться как двойная направляющая база. Если она фигурирует в двух графах угловых связей и одном графе линейных связей, она будет использоваться как установочная база;

2. По оставшемуся третьему графу угловых связей выявляется необработанная поверхность, связанная размером с обработанной поверхностью. Она принимается в качестве направляющей базы, если ранее принята установочная база, и в качестве опорной базы, если ранее принята двойная направляющая база.

3. По графу линейных связей, на котором не фигурируют ранее выбранные черновые базы, выбирают оставшуюся опорную черновую базу. В качестве неё принимают необработанную поверхность, связанную на этом графе ребром с обработанной поверхностью.

Предлагаемая методика формализации назначения технологических баз механической обработки, основанная на размерном анализе чертежа детали методом графов, может служить основой автоматизации выбора баз.

Реализовать автоматизацию выбора баз можно решив следующие задачи. При разработке алгоритма автоматического выбора технологических баз, основной упор требуется делать на анализ графов размерных связей, а не на необходимость создания и использования баз данных, в числе которых банк данных элементов и поверхностей детали, конструктивных элементов, типовых схем базирования и установки и т.д.

В алгоритм требуется включить также автоматизацию построения графов размерных связей, так как для сложных деталей этот процесс является достаточно трудоемким. При необходимости, графы размерных связей оцениваются на соответствие пра-

вильной простановке размеров, и проводится соответствующая корректировка размеров, проставленных на чертеже.

Таким образом, исходные данные алгоритма наиболее рационально представлять в виде рабочего чертежа детали. Результаты выбора баз необходимо представить в виде теоретических схем базирования и указать установочные элементы для их реализации.

Создание программного продукта для реализации описанной методики целесообразно при условии интеграции с САПР, имеющей чертежно-графический редактор, в качестве которой выбрана система КОМПАС-3D, благодаря возможности поддержки библиотек (приложений, созданных для расширения стандартных возможностей КОМПАС-3D).

Следует отметить, что окончательное решение о приемлемости выбранных черновых и чистовых технологических баз принимается по критерию обеспечения точности всех чертёжных размеров детали путём составления и решения подетальных технологических размерных цепей:

ЛИТЕРАТУРА

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.:ил.

2. Проектирование технологии: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов./ Под общ. ред. Ю.М. Соломейцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.: ил.

3. Махаринский Е.И., Горохов. Основы технологии машиностроения: учебник. – Мн.: Вышэйш. шк, 1997.

4. Кидрук М. Конструкторские библиотеки и инструменты для их создания в системе КОМПАС-3D // Сапр и графика. – 2006. – № 2.

УДК 621.92:539.377

Архутик С.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Григорьев В.Ф.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ

Высокоскоростная обработка (ВСО) является приоритетным направлением развития современной обработки резанием. Для эффективной реализации процесса ВСО необходимо изменение конструкции металлообрабатывающих станков (направляющих, шпиндельных опор, способных надежно работать на высоких скоростях вращения и при линейных перемещениях), применение новых типов приводов главного движения и поддачи, разработку специальных материалов, покрытий и новых конструкций режущего инструмента (твердосплавного, абразивного).

Основные достоинства ВСО состоят в повышении производительности труда, высокой точности и качестве изготовления изделий, сокращении количества ручных доводочных операций и времени на подгонку. Так, при высокоскоростном фрезеровании производительность при обработке инструментальных сталей высокой прочности увеличивается в три раза, алюминиевых сплавов – в 10 раз, графитовых электродов – более чем в 10 раз [1].

Актуальной проблемой для успешной реализации ВСО прецизионных изделий является стабилизация тепловых деформаций. Тепловые деформации возникают в результате действия трех факторов: тепла, выделяемого двигателями, гидравлической системой и при трении движущихся частей станка; непостоянства температуры помещения, в котором находится станок; тепла, образующегося в процессе резания. Эти деформации могут быть существенны, поскольку механическая работа резания почти пол-

ностью превращается в теплоту, которая распределяется между режущим инструментом, обрабатываемой деталью и стружкой, а через отходящую стружку – на элементы станка. Допускаемые температурные деформации технологической системы могут составлять 20...30% от технологического допуска. Отмечается, что температурные деформации частей станка в начальный период работы протекают весьма интенсивно, затем интенсивность уменьшается.

Одним из важнейших узлов для достижения требуемой точности с учетом тепловых деформаций является станина. Станины высокоскоростных станков выполняются термосимметричными и чрезвычайно жесткими. Несмотря на то, что теплостойкие полимербетоны находят применение в современном станкостроении, всё-таки чугун (как правило, высокопрочный) применяется чаще. Компьютерный расчёт механических деформаций и тепловых потоков позволяет с достаточной точностью вычислить величины механических и тепловых деформаций и выбрать современные методы их компенсации. Так, применение термостабилизирующих систем позволяет без предварительного разогрева прецизионного станка при обработке партии деталей в течение 0,5...1,5 часов получать разброс размеров в пределах 4-6 мкм. Для получения таких результатов при охлаждении отдельных участков станка используют холодильники охлаждающей жидкости, устанавливаемые вне станка [2].

Критичным компонентом высокоскоростных шпиндельных узлов (ВШУ) является система подшипниковых опор, от правильности выбора которой зависит интенсивность тепловыделения. Применяемые в современных конструкциях высокоскоростных ШУ подшипники – это опоры качения, гидростатические, гидродинамические, магнитные и газостатические. Каждый из этих типов опор имеет свои преимущества и недостатки. Так, для подшипников качения предельная частота вращения составляет $60...80 \cdot 10^3$ мин⁻¹. При этом, потеря заданной точности вращения наступает после 1000...2000 часов работы ШУ. У высокоскоростных подшипников увеличение температуры тел и дорожек качения происходит значительно быстрее, так как вызвано микроскопической «холодной сваркой» материала шариков с кольцами. Эти микросоединения разрушаются при движении, ухудшая шероховатость поверхности, что приводит к нагреву и уменьшает ресурс ШУ.

Альтернативным решением в технологии изготовления подшипников является использование керамики (нитрида кремния) для изготовления тел качения и колец. Керамические шарики при использовании в подшипниках с угловым контактом имеют преимущества перед стальными. Керамические шарики имеют на 60% меньшую массу, что особенно важно на высоких скоростях. Центробежные силы прижимают шарики к наружному кольцу, вызывая их деформацию, приводящую к потере точности и быстрому износу. Использование керамических подшипников позволяет увеличить на 30% максимальную скорость вращения для данного типоразмера подшипника без сокращения долговечности, поскольку керамические шарики не реагируют со стальными кольцами. Благодаря практически идеальной круглости керамических шариков, такие подшипники работают при температуре на 5-7С° ниже температуры работы стальных подшипников. Результатом является более долгий срок службы смазки подшипников.

Использование магнитных подшипников в ВШУ позволяет создать бесконтактные шпиндели со значением скоростного параметра $d_m \cdot n > 3,5 \cdot 10^6$ мм · мин⁻¹. Магнитные опоры не подвержены износу, имеют крайне высокую долговечность, высокую плавность при работе, не требуется отдельной системы подачи воздуха и жидкости, отсутствует удлинение вала из-за нагрева, свойственное шариковым подшипникам. Благодаря развитию средств электронного контроля и управления стало возможным настолько быстрое получение информации от датчиков положения подшипников и обработка этих данных, что можно говорить о динамической балансировке шпинделей с магнитными подшипниками

непосредственно в процессе работы. Такая возможность открывает новые перспективы по точности и шероховатости обработки [3].

Основным аргументом, ограничивающим применение магнитных опор, является стоимость шпиндельного узла из-за необходимости использования сложной электронной аппаратуры и дополнительных периферийных компонентов. Однако расчеты, проведенные фирмой SKF, показали, что при использовании динамической балансировки шпинделя общие затраты в течение всего срока эксплуатации на 15% ниже, чем для шпинделя с шариковыми подшипниками. Помимо балансировки шпинделя с инструментом, экономия достигается за счет затрат на ремонт, масло и сжатый воздух (для системы смазки), потерь на трение в подшипниках.

Гидростатические и гидродинамические подшипники обеспечивают высокие скорости вращения (до 45000 мин^{-1}), низкое биение шпиндельного вала (менее $0,1 \text{ мкм}$) и большую долговечность благодаря отсутствию механического контакта. В то же время жесткость этих подшипников может превышать жесткость шариковых подшипников. Гидравлические подшипники также обеспечивают лучшее виброгашение по сравнению с обычными подшипниками.

Недостатками гидравлических подшипников являются вязкостные потери. Большая часть мощности двигателя уходит на преодоление сопротивления гидравлической жидкости. Кроме того, эти подшипники требуют более интенсивного охлаждения, так как потери на преодоление сопротивления приводят к избыточному нагреву, делая их пригодными в основном для черновой низкоскоростной обработки.

Шпиндельные опоры на газостатической смазке способны работать надёжно и долговечно при большой окружной скорости и обладают рядом преимуществ перед другими видами опор.

Главные их достоинства – повышенная плавность вращения; высокие значения $d_m \cdot n$ – до $2,5 \cdot 10^6 \text{ мм} \cdot \text{мин}^{-1}$; большая долговечность; отсутствие необходимости в «разогреве» шпинделя; существенное уменьшение потерь на трение; отсутствие загрязнения смазкой окружающей среды.

Недостатком газовых подшипников являются невысокая несущая и демпфирующая способность смазочного слоя, что при тяжелых режимах работы ведет к снижению точности обработки. Применяют такие опоры в малонагруженных ВШУ, когда динамические нагрузки малы, а статические регламентированы. Улучшить эксплуатационные характеристики шпиндельных газостатических подшипников способны опоры с частично пористой стенкой вкладыша.

Важным конструктивным фактором, влияющим на температурные деформации, является метод смазывания подшипников. Обычные шариковые подшипники с угловым контактом требуют для нормальной работы в большинстве случаев использование консистентной или жидкой смазки, что иногда недостаточно при ВСО.

Для достижения значений $d_m \cdot n > 2,0 \cdot 10^6 \text{ мм} \cdot \text{мин}^{-1}$ на основании проведенных опытов фирма УСМ (Тайвань) рекомендует охлаждение мотор-шпинделя производить комбинированно. Статор двигателя должен иметь жидкостное охлаждение, а подшипники и ротор должны охлаждаться циркулирующим воздухом, что обеспечивает быструю реакцию на термические всплески и точную обработку на станке [2].

Высокая скорость вращения подшипников достигается при смазывании «масляным туманом» ($d_m \cdot n = 0,8 + 1 \cdot 10^6 \text{ мм} \cdot \text{мин}^{-1}$). Основными преимуществами этого способа является хорошая подача смазки и простота: масляный туман одновременно очищает и охлаждает подшипники. Однако такой способ смазки оказывает серьезное воздействие на окружающую среду, загрязняя рабочую зону аэрозолью, и требует дополнительных средств защиты.

Возможна комбинированная смазка шпиндельных подшипников: с помощью сжатого

воздуха, который подаётся не в качестве жидкого распылённого масла (масляный туман), а также консистентной смазки, которая в микроскопических количествах подается непосредственно в каждый подшипник, обеспечивая надежное и качественное смазывание. Такая технология запатентована фирмой YCM и названа Hi-Lub technology.

Достижением фирмы NTN (Япония) является разработка оригинальных систем смазывания консистентной смазкой и масляным туманом, которые обеспечивают рекордные скорости для подшипников с керамическими шариками ($d_m \cdot n > 2,0 \cdot 10^6$ мм·мин⁻¹). В системе с использованием консистентной смазки она закладывается во внутренний накопитель один раз на весь период эксплуатации. Расширяющееся масло в зависимости от температурного изменения в течение работы подаётся микроскопическими дозами непосредственно к шарикам. А новая разработка для подачи «масляного тумана» этой фирмы обеспечивает максимальную величину $d_m \cdot n > 5,0 \cdot 10^6$ мм·мин⁻¹ – наилучший в мире результат. Подаваемая к внутреннему кольцу смазка гасит перегрев шпинделя, охлаждая внутреннее кольцо подшипника струёй смазки. При этом возможен более высокий предварительный натяг, а стало быть, и жёсткость шпиндельного узла при уровне потери мощности, равной традиционной смазке «масляным туманом».

Производство с высокой степенью надёжности процесса обработки обеспечивается с помощью так называемого Condition Monitoring – системы широкого наблюдения и контроля. Фирма IBAG Switzerland AG опционально снабжает свои мотор-шпиндели разнообразными датчиками и исполнительными элементами, которые с высокой точностью измеряют смещения шпиндельного вала (рис. 1).

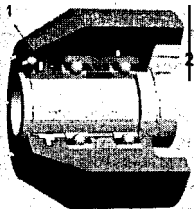


Рис. 1 – Оснащение Condition Monitoring мотор-шпинделя:
1 – датчик аксиального смещения вала;
2 – датчик измерения температуры

Полученный от датчика аналоговый сигнал используется устройством ЧПУ для расчета компенсации смещения вала. Компенсация смещения по нормали к обрабатываемой поверхности существенно повышает точность и качество обработки [4].

Дополнительно предлагается программное обеспечение P-Calc, базирующееся на обширной базе данных по материалам заготовок, режущему инструменту и ШУ с Condition Monitoring. На основании исходных данных и базы данных P-Calc рассчитываются необходимые мощности и моменты шпинделя, а также радиальные и аксиальные силы резания, действующие на инструмент и шпиндель. Следующим шагом является расчет оптимальных режимов резания и планирование подходящего для каждого конкретного приложения технологического процесса. Кроме того, применение программного обеспечения P-Calc позволяет избежать выбора недопустимых режимов резания, ведущих к перегрузкам и потере точности.

Проведенный анализ подтверждает перспективность развития средств компенсации и стабилизации тепловых деформаций при ВСО. В мировой практике преобладают следующие направления исследовательских и конструкторских работ: применение керамических подшипниковых узлов вместо стальных; использование бесконтактных подшипниковых опор, не имеющих механического износа и обладающих большой долговечностью; разработка безопасных и высокоэффективных систем смазывания; контроль всех составляющих работы шпинделя с помощью электронных датчиков; создание требуемого программного обеспечения для самодиагностики и расчета компенсации смещения шпиндельного вала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Локтев Д. Шпиндельные узлы / Д. Локтев // Стружка. – 2002. – № 5. – С. 12-15.
2. Юденков Н. Узлы станков / Н. Юденков // Комплект: ИТО. – 2008. – № 2. – С. 4-10.
3. Локтев Д. Шпиндельные узлы / Д. Локтев // Стружка. – 2003. – № 4. – С. 16-22.
4. Титов В. Автоматическая компенсация тепловых деформаций шпиндельных узлов прецизионного оборудования с ЧПУ / В. Титов, М. Бобырь // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2006. – № 11. – С. 31-35.

УДК [621.9:62-502.55]:62-192

Рудюк А.Н.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧПУ

В современном машиностроении большую роль играет точность обработки, особенно корпусных прецизионных деталей, отличающимися высокими требованиями к базовым поверхностям, наличием отверстий различного диаметра, расположенных в различных плоскостях и т.д. В результате появилась необходимость использовать металлорежущие станки, которые позволяют обеспечивать требуемые показатели точности и производить многоинструментальную обработку за одну установку детали. Именно эти станками и стали многоцелевые станки (МС) с ЧПУ.

Важнейшим условием при эксплуатации МС с ЧПУ является обеспечение требуемой точности обработки деталей и сохранение ее в процессе заданного периода эксплуатации, что определяется их параметрической надежностью [1].

Для оценки работоспособности объекта и определения показателей его качества необходимо выявить так называемую область состояний, в которой находятся его выходные параметры, и сравнить ее с областью работоспособности, которая определяет границы допустимых значений этих параметров.

При обработке деталей типа плит и корпусных деталей на металлорежущих станках с позиционными и комбинированными системами ЧПУ, где высокие требования предъявляются к точности межосевых расстояний, выходным параметром принята точность выхода рабочих органов в запрограммированное положение [2].

Рабочие органы металлорежущего станка с ЧПУ при перемещении в запрограммированное положение устанавливаются в положении, которое характеризуется в общем виде радиус-вектором, или проекциями данного вектора на соответствующие оси координат. Область существования погрешностей данного радиус-вектора определяется объемом, ограниченным величинами рассеивания проекций погрешности на рассматриваемые оси координат. Существуют также и угловые смещения, так как происходят относительные повороты выбранной системы координат.

В качестве лимитирующей погрешности выходного параметра для термосимметричной конструкции станка горизонтальной компоновки будем рассматривать погрешности перемещения вдоль координаты Y , и в дальнейшем расчет показателей параметрической надежности будем вести для данной погрешности выходного параметра.

Для оценки параметрической надежности МС с ЧПУ необходимо, опираясь на общую модель формирования параметрического отказа [2], предложенную проф. А.С. Прониковым (рис. 1), применять следующие основные показатели:

1. $P(t)$ – вероятность безотказной работы станка по точности обработки за межналадочный период $T_{м.н.}$.

В начальном состоянии:

$$P(t) = 0,5 + \Phi \left\{ \frac{(\delta - \Delta_{np}) - l_0}{l_1 / 3} \right\}, \quad (1)$$

где Φ – нормированная функция Лапласа ($0 \leq \Phi \leq 0,5$);

Δ_{np} – погрешность программирования;

l_1 – рассеивание выходного параметра относительно центра группирования;

l_0 – центр группирования размеров выходного параметра.

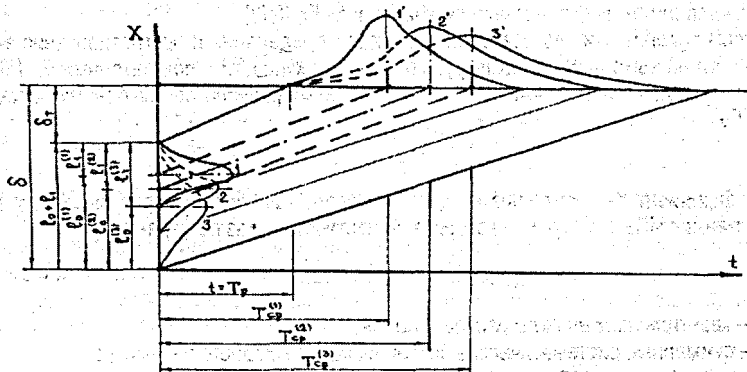


Рис. 1 – Влияние систематических и случайных составляющих погрешности выходного параметра на потерю работоспособности

Значения l_1 и l_0 на рис. 1 показаны для трех различных начальных состояний станка, которые могут формироваться на различных этапах эксплуатации станка (состояния 1, 2, 3).

В конце межналадочного периода произойдет уменьшение резерва МС с ЧПУ до $\delta_T = (\delta - \Delta_{np}) - l_0 - \Delta_c$ по выходному параметру за счет возможного изменения рассеивания l_1 и смещения центра группирования от тепловых деформаций Δ_c :

Тогда $P(t)$ составит:

$$P(t) = 0,5 + \Phi \left\{ \frac{(\delta - \Delta_{np}) - l_0 - \Delta_c}{l_1 / 3} \right\}. \quad (2)$$

2. Межналадочный период $T_{м.н.}$ – это регламентированный период работы станка с ЧПУ до его подналадки.

3. Показатель δ_T – резерв (запас) станка с ЧПУ по точности обработки:

$$\delta_T = \delta - \delta_{ок} \quad (3)$$

4. K_T – запас надежности по выходному параметру:

$$K_T = \frac{\delta}{\delta_T} = \frac{\delta}{\delta - \delta_{ок}} \geq 1 \quad (4)$$

Резерв станка с ЧПУ по точности обработки в целом можно характеризовать минимальным из получаемых значений K_T или тем из его значений, которое определяет ресурс станка по точности обработки.

5. Показатель γ_T – скорость изменения резерва станка с ЧПУ по точности обработки:

$$\gamma_T = \frac{d\delta_T(t)}{dt}. \quad (5)$$

6. Показатель γ_K – скорость изменения коэффициента резерва станка с ЧПУ по точности обработки K_T (скорость изменения запаса надежности):

$$\gamma_K = \frac{dK_T(t)}{dt} \quad (6)$$

7. Показатель T_p – ресурс станка с ЧПУ по точности обработки – наработка в часах до потери точности обработки станком с ЧПУ по любому из параметров качества (точности) обработки. При заданном ресурсе T_p (одинаковым для трех этапов эксплуатации) средний срок службы МС по выходному параметру T_{sp} будет различным (рисунок 1).

Для количественной оценки степени влияния систематических и случайных составляющих выходного параметра МС с ЧПУ в дополнении к основным показателям были введены дополнительные частные показатели: K_1, K_2, K_3 [3].

Использование этих показателей упрощает определение и прогнозирование запаса надежности по выходному параметру. Тогда в совокупности с показателями $\delta_T, P(t)$ они являются исходными данными для прогнозирования ресурса по выходному параметру МС с ЧПУ.

$$K_1 = \frac{\delta_T}{\delta} \quad (7)$$

Коэффициент K_1 характеризует долю неиспользованного резерва выходного параметра станка с ЧПУ, в пределах которого не наступает отказ по параметру;

$$K_2 = \frac{l_1(l_2)}{K_p \cdot \delta} = \frac{K_p \cdot \sqrt{\sum \sigma_i^2}}{\delta} \quad (8)$$

где K_p – квантиль нормального распределения;

$\sum \sigma_i^2$ – суммарные систематические составляющие выходного параметра.

Коэффициент K_2 характеризует долю, которую в поле допуска δ на выходной параметр занимают случайные составляющие погрешности.

$$K_3 = \frac{l_0}{\delta} = \frac{\sum \Delta_i}{\delta} \quad (9)$$

Коэффициент K_3 характеризует долю, которую в поле допуска δ на выходной параметр занимают систематические составляющие погрешности $l_0 = \Delta Y_0 + \Delta c$, где ΔY_0 – погрешность начального состояния выходного параметра вдоль координаты Y .

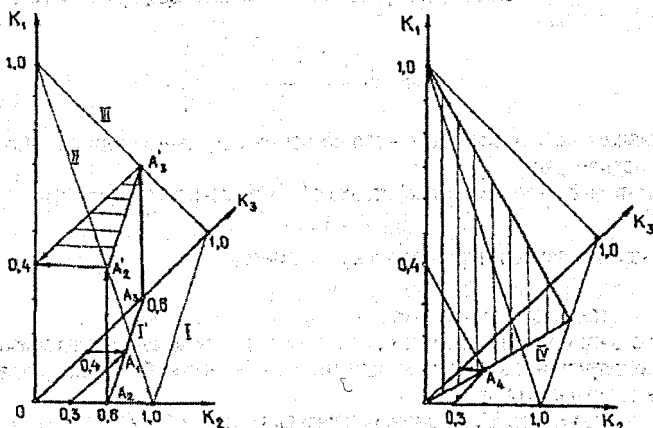


Рис. 2 – Область существования показателей надежности K_1, K_2, K_3

Тогда запас надежности K_T , выраженный через коэффициенты K_1, K_2, K_3 , равен:

$$K_T = 1/(K_2 + K_3) \quad \text{или} \quad K_T = 1/(1 - K_1) \quad (10)$$

На рисунке 2 показана область существования показателей надежности K_1 , K_2 , K_3 и порядок определения их области состояния используя заданные или полученные при контрольных испытаниях исходные точки A_1, \dots, A_4 .

Использование этих показателей упрощает определение и прогнозирование запаса надежности по выходному параметру. Тогда показатели $P(t)$, δ_T , определенные за межналадочный период, являются исходными данными для прогнозирования ресурса по выходному параметру T_r .

Расчет значений запаса надежности многоцелевого станка с ЧПУ модели MC 12-250 по критерию ΔY – погрешность выходного параметра по лимитирующему размеру вдоль координаты Y , которая определяется как разность между текущим перемещением рабочего органа $Y_{\text{тек}}$ и запрограммированным $Y_{\text{прог}}$ показывает, что обработка прецизионных деталей не должна превосходить $\Delta Y_{\text{max}} = 46$ мкм (что соответствует IT7, исходя из класса точности станка, и максимальному перемещению вдоль координаты Y , равному 250 мм).

В этом случае коэффициент надежности для данного параметра $K_H = 1,43$ при вероятности безотказной работы по выходному параметру $P(t) \rightarrow 0$. При работе за межналадочный период происходит снижение запаса станка по точности δ_T до 10,8 мкм при $K_H = 1,26$; $P(t) = 0,9965$. При этом значение показателя K_1 снижается с 0,4 до 0,23. Для поддержания выходного параметра MC на данном уровне ($K_I = 0,4$) необходимо снижение влияния систематических составляющих погрешности, т.е. увеличение коэффициента K_3 с 0,3 до 0,6 (рисунок 2), что возможно при автоматической коррекции величины перемещения или положения инструмента.

Выводы

1. При эксплуатации многоцелевого станка с ЧПУ его параметрическая надежность может быть обеспечена за счет контроля выходного параметра ΔY и управлением наиболее значимого для изменения ΔY повреждения.

2. Зная значение исходного состояния выходного параметра и закон его изменения во время эксплуатации, можно прогнозировать ресурс работы MC с ЧПУ, при котором вероятность безотказной работы $P(t)$ не будет превышать допустимого уровня и, используя возможности системы управления, управлять точностью обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Точность и надёжность станков с числовым программным управлением / Под ред. А.С. Проникова. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
2. Проников А.С. Параметрическая надежность машин и технологического оборудования. Проблемы, перспективы, тенденции // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1990. – № 2. – С. 50-59.
3. Горбунов В.П., Григорьев В.Ф. Оценка технологической надёжности многоцелевого станка по параметру точности координатных перемещений // Вестник БрГТУ – Машиностроение, автоматизация, ЭВМ. – 2002, – № 4(16). – С. 8-11.

УДК [621.9:62-502.55]:62-192

Рудюк А.Н.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧПУ MC 12-250 ЗА МЕЖНАЛАДОЧНЫЙ ПЕРИОД

Показателями качества обработки, характеризующими MC с ЧПУ как элемент технологической системы, являются: точность размеров, формы и расположения обрабатываемых поверхностей, их шероховатость, а в ряде случаев и физико-механические

характеристики поверхностного слоя. Событие, заключающееся в выходе любого из заданных параметров точности обработки за установленные пределы, считается отказом по точности обработки. Точность обработки на МС с ЧПУ изменяется при эксплуатации вследствие действия различных процессов, которые, как правило, имеют случайный (стохастический) характер. Поэтому отказы по точности обработки имеют дисперсию и подчиняются закономерностям для случайных событий.

Как показал анализ литературных источников, основную долю в погрешности обработки составляет погрешность позиционирования. Но с увеличением класса точности станка усиливают свое влияние на погрешность позиционирования отклонения от перпендикулярности, параллельности и угловые смещения в направлениях поперечном рассматриваемому перемещению.

В качестве объекта исследований был выбран многоцелевой станок с горизонтальным расположением шпинделя модели МС 12-250. Станок предназначен для обработки мелких и средних корпусных деталей с высокой точностью в условиях мелкосерийного и серийного производства на предприятиях приборостроения и общего машиностроения.

Была произведена оценка параметрической надежности МС 12-250 с ЧПУ в начальный период и за межналадочный период. На рисунке 1 представлена схема измерения погрешности позиционирования.



Рис. 1 — Схема измерения погрешности позиционирования станка с ЧПУ МС 12-250

Статистическая обработка результатов контрольных испытаний позволила определить параметры геометрической точности, погрешности позиционирования, выявить закон изменения выходного параметра и диагностических факторов для определения показателей γ_t , γ_k [2] и дальнейшего прогнозирования. Причем оценка влияния тепловых полей станка проводилась при различных режимах работы шпинделя по методике ускоренных испытаний.

На рисунке 2 представлены результаты исследования погрешности позиционирования. Расчет параметров выполнен по методике [1].

По полученным графикам методом аналитического расчета было вычислено, что на всем диапазоне перемещения (250 мм) можно производить обработку не точнее 9-го качества, при погрешности позиционирования равной 38,8 мкм без дополнительной

коррекции размеров, а на участке 50-150 мм (точки 3, ..., 8) точность обработки повышается до 7 квалитета, погрешность снижается до 17 мкм.

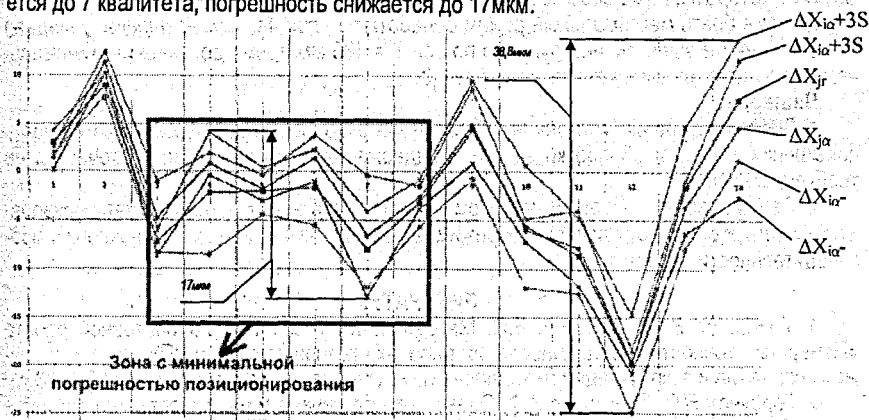


Рис. 2 — Погрешность позиционирования по координате Y станка MC 12-250

Полученные значения составляющих погрешности позиционирования создают область существования. За межналадочный период происходит смещение этих параметров под действием тепловых деформаций.

Установлено, что тепловые смещения шпинделя и его деформации наиболее существенно влияют на параметры точности обработки в плоскости стола станка XOY. Причем подтверждено предположение о термосимметричности конструкции станка относительно сечения в плоскости YOZ. Таким образом, направление измерения расположения оси шпинделя будет осуществляться вдоль оси координат Y, как лимитирующее в балансе погрешности станка. Все замеры осуществлялись с помощью измерительного комплекса «Сигнал - 1» (рисунок 1). Также проведенные исследования показали, что изменение положения ползуна приводит к изменению закона смещения оси шпинделя.

Были установлены диагностические признаки состояния шпинделя. Косвенным диагностическим признаком тепловых деформаций является температура. Определены параметры теплового поля шпинделя, на котором обнаруживается точка максимальной температуры Θ_{max} . Экспериментальные исследования проводились при наиболее характерных частотах вращения шпинделя (500... 1600 мин⁻¹). При длительной обработке детали доминирующее влияние на погрешность смещения оси шпинделя оказывают деформации стойки станка. Поэтому в качестве диагностического сигнала при изготовлении деталей с длительным циклом обработки можно принимать разность температур передней и задней стенок стойки ($\Theta_1 - \Theta_2$).

Изменяя вылет пиноли от 0 до 150 мм и частоту вращения шпинделя, был определен диагностический сигнал и соответствующие ей кривая изменения температуры и кривая смещения в плоскости XOY [3].

Результаты диагностирования можно использовать для прогнозирования параметрической надежности рассматриваемого станка.

Расчет производился без учета изменения привода подачи стол-салазки станка, при частоте вращения шпинделя $n = 500; 1000; 2000$ мин⁻¹. В этом случае коэффициент надежности [2] для данного параметра при частоте вращения шпинделя $n = 1000$ мин⁻¹ $K_T = 1,43$, а вероятность безотказной работы по выходному параметру $P(t) \rightarrow 0$. За межнала-

дочный период запас надежности уменьшится до $K_T = 1,06$, а резерв по выходному параметру δ_T , который в начальном состоянии составлял 20 мкм, снизится до 3 мкм.

Если же брать максимальный режим обработки, то при частоте вращения шпинделя $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ и вылетом инструмента по оси $Z = 185 \text{ мм}$ время достижения минимального значения δ_T снизится почти в два раза [3].

Выводы

1. Диагностирование состояния МС за межналадочный период дает возможность повышения точности обработки за счет поддержания резерва станка по точности на требуемом уровне.

2. Регулирование тепловым режимом станка по диагностическому сигналу позволяет работать в области оптимальных режимов резания, что приводит к повышению производительности обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В.Ф., Горбунов В.П. Методические указания к лабораторной работе «Измерение точности позиционирования рабочих органов станков с ЧПУ» по дисциплине «Испытание и эксплуатация металлорежущих станков». – Брест: БрГТУ, 2000. – 18 с.

2. Горбунов В.П., Григорьев В.Ф. Оценка технологической надёжности многоцелевого станка по параметру точности координатных перемещений // Вестник БрГТУ. – 2002. – № 4(16): Машиностроение, автоматизация, ЭВМ. – С. 8-11.

3. Горбунов В.П., Григорьев В.Ф., Рудюк А.Н. Диагностирование тепловых деформаций многоцелевого станка с ЧПУ // Вестник БрГТУ. – 2008. – № 4 (52): Машиностроение. – С. 31-33.

УДК 629.083

Седой Е.Н.

*Научные руководители: ст. преподаватель Страчук И.В.,
преподаватель-стажер Концевич П.С.*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА НА АВТОТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Процесс оперативно-производственного управления текущим ремонтом (ТР) автомобилей состоит из комплекса операций, выполняющихся в определенной последовательности и составляющих замкнутый технологический цикл, и имеет целью обеспечение выполнения заданий по ТР автомобилей с заданным уровнем качества при минимальных затратах. Достижение поставленной цели в значительной мере зависит от качества составления оперативно-производственного плана выполнения ТР автомобилей на предстоящую смену и четкости его реализации.

Задача оперативно-производственного планирования процессов ТР заключается в составлении графика поступления автомобилей на специализированные посты из общей очереди. Оперативно-производственное планирование базируется на следующих предпосылках, отражающих особенности функционирования технической службы АТП:

- интегральным признаком каждого требования являются его диспетчерская и технологическая характеристики. Под диспетчерской характеристикой требования понимается содержащееся в ней сочетание работ с указанием планового времени их выполнения. Под технологической характеристикой требования – соответствие специализированным постам, участкам и совокупность технологических очередностей выполнения отдельных видов работ, содержащихся в диспетчерской характеристике рассматриваемого требования;

- оперативно-производственное планирование производится до начала смены;

- при планировании учитываются автомобили различных моделей;
- автомобили, по которым к началу планирования не закончена информационная подготовка, при планировании не учитываются и автоматически сдвигаются на следующий период планирования.

С учетом перечисленных выше предпосылок задача составления оперативно-производственного плана ремонтов сводится к тому, чтобы найти такое расписание выполнения требований из принятых к планированию на предстоящий период, которое обеспечит выпуск из ремонта максимального количества автомобилей [1].

Для автоматизации процессов оперативно-производственного управления TP было разработано программное обеспечение в среде MS Excel.

Для составления оперативно-производственного плана TP автомобилей используем нижеперечисленные математические зависимости [2].

Плановое время выполнения определенной операции:

$$T_{ПЛ} = \frac{t_{НОРМ}}{P_{П} \cdot K_{ОРГ}}, \text{ мин.} \quad (1)$$

где $t_{НОРМ}$ – нормативная трудоемкость операции, чел · мин;

$P_{П}$ – количество работающих на посту, одновременно выполняющих работы;

$K_{ОРГ}$ – коэффициент организованности поста.

Непосредственно в самой среде MS Excel плановое время вычисляем в единицах, поэтому для перевода последнего во временной формат необходимо использовать формулу:

$$T_{ПЛ}^{BP} = \frac{T_{ПЛ}}{24 \cdot 60}, \text{ мин.} \quad (2)$$

Суммарное плановое время занятости поста определяем как сумму продолжительности проведения каждой операции:

$$T_{ПЛ\text{ сумм}}^{BP} = \sum_{i=1}^I T_{ПЛ i}^{BP}, \text{ мин.} \quad (3)$$

Условия вывода времени окончания i -й операции:

$$T_{ПЛ}^{КОН} = \sum_{j=1}^I T_{ПЛ j}^{BP}, \text{ мин.,} \quad (4)$$

где $T_{ПЛ j}^{BP}$ – интервал времени, отсчитываемый от 8:00. Принимаем равным 10 мин.

При проверке на окончание операций на i -м посту используем формулу:

$$K = \frac{T_{ПЛ\text{ сумм}}^{BP}}{T_{ИНТ}}, \quad (5)$$

где $T_{ИНТ}$ – интервал времени, принимаемый в зависимости от продолжительности операции, мин.

При $K \leq 1$ операция заканчивается и выводится время ее окончания.

При $K > 1$ операция продолжается и цикл проверки повторяется.

Чтобы учесть время обеденного времени, которое входит во временные рамки рабочего дня, но не учитывается количественно как часть планового времени, используем математическую зависимость:

$$\begin{cases} T_{ПЛ}^{ОБ} > \sum_{k=1}^k T_{ПЛ k}^{BP}, & T_{ПЛ\text{ сумм}}^{BP} = \sum_{i=1}^I T_{ПЛ i}^{BP}, \\ T_{ПЛ}^{ОБ} \leq \sum_{k=1}^k T_{ПЛ k}^{BP}, & T_{ПЛ\text{ сумм}}^{BP} = \sum_{i=1}^I T_{ПЛ i}^{BP} + \frac{1}{24}, \end{cases} \quad (6)$$

где $T_{ПЛ}^{ОБ}$ – время до обеденного перерыва, принимаем равным 13:00;

$T_{ПЛ\ i}^{BP}$ – время операции, проведенной до обеденного перерыва;

$T_{ПЛ\ i}$ – время окончания i-й операции.

Алгоритм программы представлен на рисунке 1.

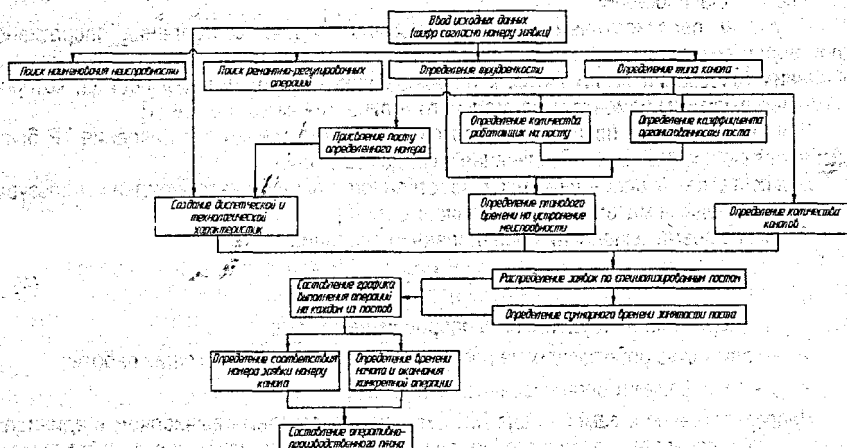


Рис. 1 – Алгоритм программы

В качестве исходных данных выступает шифр неисправности, на основании которого производится поиск наименования неисправности, соответствующей ремонтно-регулирующей операции, а также нормативной трудоемкости и типа канала (ремонта электрооборудования, двигателя, трансмиссии, рулевого управления либо тормозной системы). В зависимости от типа канала определяется количество работающих на посту, коэффициент организованности поста, а также число каналов обслуживания, входящих в состав поста. В качестве примера приведем заполненный «Листок учета ТО и ремонта» (рис. 2).

№4 «СЕРВИС» «ЕСЛИШИБКА» (ВР) «Умножитель операций 15256-515209-5-ЛОНЬ» *

1. Таблица 1 - Листок учета ТО и ремонта

№ Заявок	Шифр РРО	Наименование неисправности	Ремонтно-регулирующие операции	Трудоемкость, ч. маш.	Время устранения неисправности, мин	Тип канала обслуживания
1	0107	Насушение регулировки клапана двигателя	Отрегулировать зазоры в клапанных механизмах	80	80	ДВИГАТЕЛЬ
2	0109	Снижение прочности пружины вала	Заменить пружину вала	270	270	ДВИГАТЕЛЬ
3	130	Износ шарнира вращательной тяги	Замена вращательной тяги в сборе	20	30	РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ И КОЛЕСНАЯ ЧАСТЬ
4	1315	Износ шарнира	Замена шарнира	120	150	РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ И КОЛЕСНАЯ ЧАСТЬ
5	0501	Износ регулировки клапана тормозов	Отрегулировать клапана тормозов	42	110	ТОРМОЗНАЯ СИСТЕМА
6	0502	Неисправность тормозной колодки	Замена тормозной колодки	150	380	ТОРМОЗНАЯ СИСТЕМА
7	0701	Износ шестерни	Замена шестерни	90	150	ТРАНСМИССИЯ
8	0702	Неисправность выжимной подшипник	Замена выжимной подшипника	168	230	ТРАНСМИССИЯ
9	1305	Неисправность реле-предохранителя	Замена реле-предохранителя	20	40	ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
10	1401	Неисправность проводки	Ремонт проводки	30	50	ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Рис. 2 – Листок учета ТО и ремонта

Каждому типу поста присваивается определенный номер. Например, пост ремонта электрооборудования – № 1, тормозной системы – № 2, рулевого управления – № 3, трансмиссии – № 4, двигателя – № 5.

На основании исходных данных (в данном случае номера заявки в соответствии с порядком поступления автомобилей в ремонт), а также в зависимости от номера поста, на котором будет обслуживаться требование, составляются диспетчерские и технологические характеристики, представляющие соответственно перечень операций и последовательность их проведения.

Далее осуществляется расстановка автомобилей по постам в зависимости от типа неисправности. При этом на постах, где имеется два канала, происходит проверка – занят ли предыдущий канал. В результате заявка поступает на свободный канал, что сокращает простои подвижного состава (ПС) в зоне ожидания, а также простои постов.

По результатам расстановки высчитывается суммарное время занятости поста, а затем составляется график ТР, в котором указывается распределение планового времени в соответствии с порядком постановки автомобилей на пост.

В конечном итоге путем обработки и систематизации моментов начала и окончания каждой конкретной операции составляется оперативно-производственный суточный план работ по текущему ремонту автомобилей.

В процессе реализации программы используются логические и математические функции MS Excel: ЕСЛИ, ЕСЛИИ, ЕСЛИИЛИ, ЕСЛИОШИБКА, ВПР, ГПР, СМЕЩ, И, ИЛИ, ОКРУГЛТ. Также применяются такие средства как «Условное форматирование» и «Сортировка» [3].

Пример оперативно-производственного плана ТР 10 автомобилей, составленного с помощью вышеперечисленных операторов, представлен на рисунке 3.

Оперативно-производственный план ЦУП

13 апреля 2009 г.

Номер заявки	Марка автомобиля	Гарантийный номер	Каналы обслуживания					Время ремонта		Примечания
			1	2	3	4	5	начало	окончание	
1	ВАЗ-130	3407 ААА						8:00	9:20	
2	ГАЗ-31 А	128070						8:00	12:30	
3	КамАЗ-4220	4788 АТ						8:00	8:30	
4	ВАЗ-111	407977						8:30	11:00	
5	КАМАЗ-4227	4646 АР						8:00	9:50	
6	ВАЗ-360	2378 АА						8:00	15:20	
7	КАМАЗ-4111	2224 АТ						8:00	10:30	
8	КамАЗ-4212	3407 АА						8:00	12:40	
9	ВАЗ-264	4307 АР						8:00	8:40	
10	КАМАЗ-4228	7658 АА						8:40	9:40	

Составил: _____ Проверил: _____

Рис. 3 – Оперативно-производственный план ТР автомобилей

Применение разработанного программного обеспечения позволит:

- снизить затраты времени, связанные с планированием работ по ТР;
- повысить точность планирования;
- автоматизировать создание и заполнение выходных документов;
- сократить бумажный документооборот на предприятии;
- увеличить время хранения отчетной документации;
- сократить затраты времени на доступ к архивным данным за требуемый период.

Это в свою очередь повысит производительность труда, сократит время и улучшит качество обслуживания автомобилей на постах, повысит точность обработки и анализа информации, в значительной степени облегчит принятие управленческих решений [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов [и др.] – М.: Наука, 2004. – 535 с.

2. Власов В.М. Управление технологическими процессами технического обслуживания и ремонта автомобилей (Деловые игры) / МАДИ. – М.: 1982. – Ч.1.

3. Орвис В. Excel для ученых, инженеров и студентов – М.: Юниор, 1999. – 528 с.

4. Организация, планирование и управление в автотранспортном предприятии: учебник для вузов / М.П. Улицкий, К.А. Савченко-Бельский, Н.Ф. Библибина [и др.]; под ред. М.П. Улицкого. – М.: Транспорт, 1994.

УДК 621.789/79:621.9.025.77 /

Шмелев Е.В.

Научный руководитель: ст. преподаватель Левданский А.М.

ФИНИШНОЕ ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ АЛМАЗОПОДОБНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Эта статья – результат анализа последних достижений в области упрочнения инструментальных материалов. В ней приводятся данные о современном и перспективном методе упрочнения.

Как известно, одним из требований, предъявляемых к инструменту, является его долговечность. С целью многократного (от 2 до 10 раз) повышения долговечности инструмента, оснастки и других изделий используется разработанная специалистами научно-производственной фирмы "Плазмацентр" новая технология – финишное плазменное упрочнение (ФПУ). Это экологически чистый метод нанесения при атмосферном давлении алмазоподобного тонкопленочного покрытия. Покрытие является продуктом плазмохимических реакций паров реагентов, прошедших через дуговой плазмотрон. Данный процесс используется в качестве окончательной финишной операции.

В процессе ФПУ на изделие наносится покрытие из оксикарбонитрида кремния. Многие свойства этого покрытия по своему уровню приближаются к свойствам алмаза: высокая твердость (примерно 52 ГПа), химическая стойкость к кислотам и щелочам, прозрачность, низкий коэффициент трения, высокое удельное электрическое сопротивление и др.

В качестве плазмообразующего газа используется аргон, исходным материалом для прохождения плазмохимических реакций и образования покрытия является специальный жидкий двухкомпонентный препарат СЕТОЛ. Его расход не превышает 0,5 г/ч (не более 0,5 литра в год). Скорость перемещения плазматрона – 1-10 мм/с, расстояние между плазмотроном и изделием – 10-15 мм, диаметр пятна упрочнения – 12-15 мм, толщина покрытия – 0,5-3 мкм. Температура нагрева деталей при ФПУ не превышает 100-150°C.

Оборудование для ФПУ включает в себя источник тока, блок аппаратуры с жидкостным дозатором, плазмотрон с плазмохимическим генератором. Дополнительно данное оборудование может комплектоваться манипулятором, блоком автономного охлаждения, мобильной вытяжной системой и прибором контроля нанесения покрытия. Контроль качества ФПУ осуществляется по наличию и сравнению цветовой гаммы покрытия на обработанной поверхности и эталона, а также другими методами.

Как было отмечено, ФПУ многократно повышает долговечность изделий. Это происходит за счет различных факторов:

1. За счет увеличения микротвердости поверхностного слоя.

Микротвердость практических любых материалов используемых в производстве изнашиваемых деталей после закалки составляет порядка 5 ГПа, после азотирования – до 8 ГПа, после хромирования – до 11 ГПа, после нанесения нитрида титана – до 24 ГПа. Микротвердость алмаза – порядка 72 ГПа. Микротвердость упрочняющего покрытия, наносимого при ФПУ, достигает порядка 52 ГПа.

2. За счет уменьшения коэффициента трения между трущимися поверхностями.

3. За счет нанесения химически инертного покрытия.

4. За счет залечивания микротрещин и следов от предшествующей обработки.

Поверхности после финишной абразивной обработки имеют значительное количество микродефектов. Большинство изнашиваемых деталей подвержены усталостному разрушению, вследствие того, что на поверхности создаются растягивающие остаточные напряжения, которые стремятся раскрыть существующие микротрещины и приводят к выкрашиванию отдельных частиц поверхности. После ФПУ в поверхностном слое металла наводятся сжимающие остаточные напряжения, которые обеспечивают условия залечивания микротрещин и тем самым противодействуют усталостному разрушению. После ФПУ кардинально изменяется топография поверхности. На рисунке 1 показана топография поверхности образца с покрытием до (а) и после (б) ФПУ. Очевидно, что до ФПУ на поверхности образца присутствуют риски и дефекты, а после ФПУ субмикрорельеф поверхности однородный.

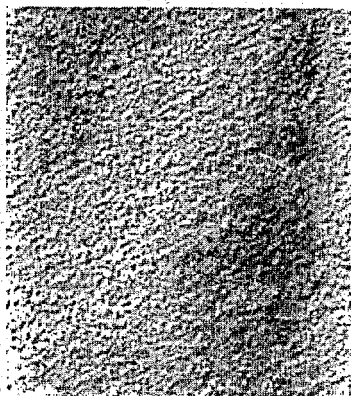


Рисунок 1 – Топография поверхности образца с покрытием до (а) и после (б) ФПУ (x5000)

5. За счет диэлектрических свойств покрытия.

6. За счет антиадгезионных свойств покрытия.

7. За счет лучшего смачивания поверхности маслами и смазками.

8. За счет жаростойких и теплостойких свойств покрытия.

9. За счет барьерных свойств поверхности.

10. За счет фретингостойких свойств покрытия.

11. За счет свойств покрытия, противодействующих водородному изнашиванию.

12. За счет уменьшения параметров шероховатости упроченной поверхности.

Высотные и шаговые параметры шероховатости R_a влияют на износостойкость поверхностей трения. После ФПУ эти параметры уменьшаются, что сказывается на уменьшении количества выкрашиваемых выступов профиля, приработочного и установившегося износа. На рисунке 2 показана шероховатость поверхности до (а) и после (б) ФПУ. В результате проводимых испытаний было выявлено, что:

- среднее арифметическое отклонение профиля R_a уменьшается в 2,5 раза;
- высота неровностей профиля по десяти точкам R_z уменьшается в 1,5 раза;
- среднее квадратическое отклонение профиля R_q уменьшается в 2 раза;
- наибольшая высота неровностей профиля R_{max} уменьшается в 1,5 раза;
- средний шаг местных выступов профиля S – без изменений;
- средний шаг неровностей профиля S_m уменьшается в 3 раза.

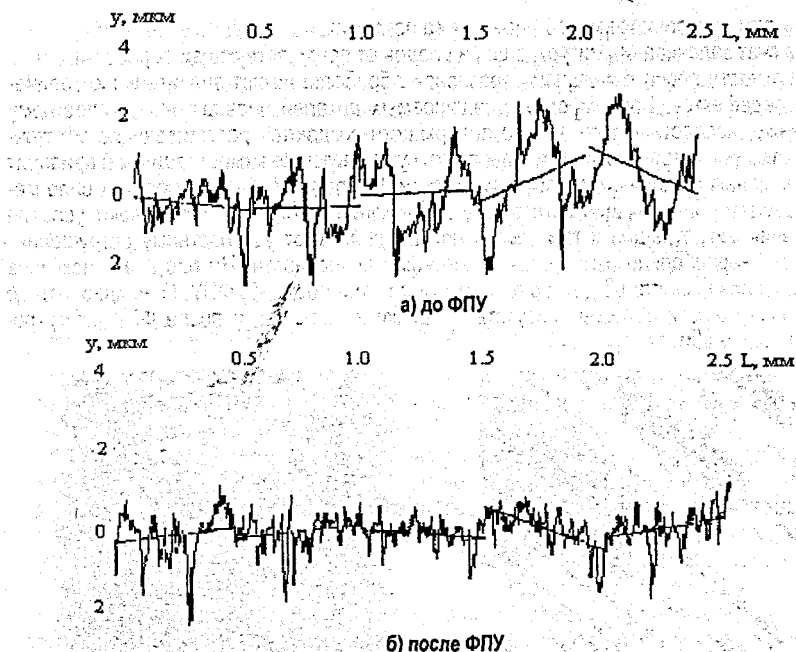


Рисунок 2 – Шероховатость поверхности образца до (а) и после (б) ФПУ

По сравнению с аналогами (ионно-плазменным напылением, лазерным и электроискровым упрочнением, эпиламированием, нанесением кластерных покрытий, детонационным напылением, дуговой металлизацией, электроимпульсным нанесением покрытий, электророзрионным легированием) процесс ФПУ имеет преимущества:

- высокая воспроизводимость и стабильность упрочнения за счёт двойного эффекта - от износостойкого покрытия и структурных изменений в тонком приповерхностном слое;
- проведение процесса упрочнения на воздухе при температуре окружающей среды не требует применения вакуумных или других камер и ванн;
- вследствие нанесения тонкоплёночного покрытия (толщиной не более 3 микрон), укладываемого в допуски на размеры деталей, процесс упрочнения используется в качестве окончательной финишной операции;
- минимальный нагрев в процессе обработки (не более 100-150 °С) не вызывает деформаций деталей, а также позволяет упрочнять инструментальные стали с низкой температурой отпуска;
- возможность упрочнения локальных (по глубине и площади) объёмов деталей в местах износа с сохранением исходных свойств материала в остальном объёме;
- тонкоплёночное покрытие по микротвердости наиболее близко к алмазам;
- образующиеся на поверхности упрочнения сжимающие остаточные напряжения при циклической нагрузке повышают усталостную прочность изделия (для сравнения: после операции шлифования возникают растягивающие напряжения, ведущие к снижению усталостной прочности);
- высокая адгезионная прочность сцепления покрытия с основой обеспечивает максимальную сопротивляемость истиранию (в том числе – при взаимодействии инструмента с обрабатываемым материалом);

- низкий коэффициент трения способствует подавлению процессов наростообразования при резании или налипанию при штамповке и прессовании;
- формирование специфического микрорельефа поверхности способствует эффективному его заполнению смазочно-охлаждающей жидкостью при эксплуатации инструмента и деталей машин;
- образующееся на поверхности тонкоплёночное аморфное (стеклообразное) покрытие защищает изделие от воздействия высокой температуры (длительные испытания на высокотемпературную воздушную коррозию при температуре 1000-1200°C);
- высокая производительность упрочнения (время обработки, например, кромок вырубного штампа средних размеров может составлять несколько минут);
- простота операций по очистке и обезжириванию перед упрочнением (отсутствие специальной предварительной подготовки);
- возможность упрочнения поверхностей деталей любых габаритов в ручном или автоматическом режимах;
- минимальное потребление и низкая стоимость расходных материалов;
- низкая потребляемая мощность установки для упрочнения - менее 6 кВт;
- незначительная площадь, занимаемая оборудованием - 1-2 м²;
- малогабаритный плазмотрон для упрочнения (массой около 1кг) может быть легко закреплён на манипуляторе, в руке робота, а также позволяет вести обработку вручную;
- транспортабельность и маневренность оборудования (масса блока аппаратуры - менее 15 кг, источника питания - 100-200 кг);
- экологическая чистота процесса в связи с отсутствием отходов при упрочнении;
- минимальный уровень шума, не требующий специальных мер защиты;
- в отличие от методов упрочнения с использованием поверхностно-активных веществ - в данной технологии отсутствуют особые требования к помещению, нет контакта с токсичными материалами, не требуется затрат времени на выдержку в растворах и сушку обработанных деталей.

ФПУ является высокоэффективным и перспективным методом повышения стойкости инструмента: Этот метод позволит повысить производительность труда, снизить затраты на приобретение и ремонт инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тополянский П.А. Высокоэффективное финишное плазменное упрочнение алмазоподобными покрытиями рабочих поверхностей технологической оснастки и режущего инструмента // *Формы+*. Оснастка для переработки полимерных материалов. 2007. - № 2. - С. 23-27
2. Дорожкин Н.Н. Импульсные методы нанесения порошковых покрытий. - Л.: Машиностроение, 1983.
3. Хасуи А., Маригаки О. Наплавка и напыление. - М.: Машиностроение, 1985.
4. Немилев Е.Ф. Электроэрозионная обработка материалов. - Л.: Машиностроение, 1983.

УДК 519.714.7

Никонюк А.Н., Копылов Д.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Тузик И.В.

ГРАФИЧЕСКИЙ ЭМУЛЯТОР ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Сети Петри - достаточно наглядное, эффективное средство, которое применяется для моделирования самых разнообразных процессов ([1]). Сеть Петри представляет собой специального вида мультиграф, но может также быть задана при помощи матриц.

Авторами предлагается графический эмулятор временных сетей Петри, позволяющий в графическом режиме создавать собственные модели и далее анализировать результат с помощью информации, полученной в ходе моделирования, которая выводится в отдельном окне текстового ядра эмулятора. Предложенный эмулятор отличается своей повышенной интерактивностью при выполнении сети, наличием режима отладки, а также взаимосвязанных текстового (с возможностью отображения матриц, векторов маркировок, времени и приоритетов переходов) и графического режимов.

Пользователю предлагаются обе возможности моделирования процессов сетями Петри. Пользователь может либо (пользуясь специальной палитрой компонентов) построить граф, задающий сеть, и указать с помощью контекстного меню всю необходимую информацию для элементов сети; либо создать текстовый файл, содержащий информацию о сети в матричной форме. Программа позволяет задавать время выполнения каждого перехода и учитывать его во время работы сети, а также определяет согласованность действий в сети и степень реализации принципов пропорциональности и непрерывности.

Приведем краткое описание возможностей работы с программой.

Для начала работы необходимо выбрать пункт меню **Файл->Новый**. После этого очистится холст и недоступные ранее пункты меню/кнопки теперь станут доступными, т.е. программа позволит перейти в режим рисования.

Для того чтобы нарисовать позицию, необходимо выбрать в палитре компонентов (**Инструменты->Показать палитру**) пункт **ПОЗИЦИЯ**, а затем вызвать локальное контекстное меню в нужном месте холста. Необходимо проделать аналогичную процедуру, чтобы добавить в нужном месте переход. При добавлении комментария последовательность действий почти идентичная: программа предложит ввести текст комментария после вызова локального контекстного меню.

Для добавления соединителя между позицией и переходом необходимо в палитре выбрать режим рисования ребёр, после чего в появившемся под кнопкой данного режима списке выбираем кратность ребра.

Далее необходимо произвести одиночный щелчок мыши по позиции, затем двойной щелчок по переходу. Для удаления существующего соединителя необходимо повторить эти же действия.

Для: а) изменения количества или добавления фишек в позиции; б) установки задержки при прохождении через переход, точек останова, изменения приоритетов переходов; в) изменения текста комментариев; необходимо дважды щелкнуть по изменяемому объекту, после чего откроется окно, в котором можно настроить нужные параметры данного объекта. Свойства перехода можно посмотреть во всплывающей подсказке при наведении на него курсора мыши.

Очень полезным инструментом при редактировании свойств позиций переходов, матриц инцидентности является Табличный редактор сети (**Инструменты->Табличный редактор сети**). Любые изменения в табличном редакторе моментально отражаются на сети, и наоборот: любое изменение сети обновляет табличный редактор. При этом пользователь может не сохранять изменения, проведённые в редакторе, воспользовавшись кнопкой «Отмена». Тогда сеть восстановится до состояния, которое она имела перед вызовом редактора. В нижней части редактора находится строка состояния, в которой отображаются подсказки при работе с табличным редактором и объектами на холсте.

Внешний вид рабочего окна вместе с созданной в редакторе сетью, а также окно табличного редактора сети показаны на рисунке 1.

Для сохранения созданного проекта необходимо выбрать пункт **Файл->Сохранить как**, после чего откроется стандартное диалоговое окно сохранения файла. Загрузка файла происходит аналогичным образом.

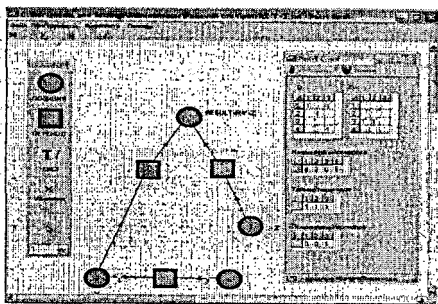


Рис. 1

Выбрав пункт меню Инструменты->Просмотреть содержимое проекта (F3), можно открыть содержимое сохранённого проекта в редакторе notepad.exe. В начале каждого файла проекта хранится текстовое описание его данных (как подсказка при ручном редактировании). Текстовое ядро данного эмулятора отлично работает на старых компьютерах, не поддерживающих графический режим, при этом данные для программы без труда вводятся через простейший текстовый редактор.

Данный эмулятор можно использовать как платформу для создания собственных графических редакторов, предназначенных для построения моделей в других областях, например, создание графического редактора для ввода данных задачи о коммивояжере. Процедуры из текстового ядра можно использовать для создания отдельных модулей разной направленности, например, данное текстовое ядро является уже почти готовым средством защиты программ. Программа является удобным средством для иллюстрации процесса обучения ЭВМ, т.к. каждый может создать свою модель ЭВМ и протестировать ее работу, получая при этом графическое отображение происходящих процессов. В силу того, что можно задавать время, временная модель применима даже в простейших (работающих без учета времени) сетях Петри, т.к. позволяет поэтапно просматривать изменение состояния сети при ее функционировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон – М.: Мир, 1984.

УДК 330.341.1:621.95

Хомицкая Е.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Григорьев В.Ф.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВЕРЛЕНИЯ ВЫДАВЛИВАНИЕМ

Лезвийная обработка сверлением при массовом производстве трубопроводной газовой аппаратуры становится узким местом производства из-за присущих процессу недостатков, таких как: сложность сверления отверстий в тонкостенных деталях; необходимость приваривать гайку из-за невозможности нарезания резьбы; сложность извлечения стружки из деталей типа труб.

Все эти недостатки вынудили искать новые методы обработки отверстий в деталях типа ёмкостей-трубопроводов. Еще в 1923 году Жан Клод де Вальере испытал такой инструмент, с помощью которого отверстия в тонких стальных листах выполнялись посредством теплоты трения, а не сверления, как ранее. Многочисленные опыты были в большинстве своем успешны, однако наладить промышленное использование метода

было невозможно, т.к.: еще не было в распоряжении твердого инструментального материала, не была известна правильная геометрия инструмента, не было алмазных шлифовальных кругов для обработки твердых сплавов, не было станков, которые бы смогли шлифовать сложные профили. Прошло еще 60 лет, прежде чем все эти проблемы были решены, и стало возможным выгодное использование выдавливающих сверл.

Выдавливающие сверла – это полигонально отшлифованные твердосплавные инструменты (рис. 1.). При достаточно высоком числе оборотов и осевом усилии они давят на тонкостенные металлические материалы, металл пластифицируется под действием высвобождаемой при этом теплоты трения, так что сверло свободно проходит через заготовку. Образуется отверстие и одновременно из сместившегося вниз разогретого материала формируется втулка. Длина втулки составляет 3... 5 исходных толщин материала.

Принципиальным элементом процесса, называемого раздатчиками Flowdrill, является конструкция стандартного выдавливающего сверла (бура). Передняя часть сверла, осуществляющего трение, имеет двухступенчатую коническую форму 4,5 (рис. 1). Этот конус переходит в цилиндр 3. Коническая и цилиндрическая части образуют вместе рабочую сердцевину. Над ними расположена кромка для формирования плотного края 2 и цилиндрический хвостовик 1 для крепления сверла в цанге. Коническая 4 и цилиндрическая части в сечении имеют форму многоугольника, что является принципиальным для процесса сверления выдавливанием. При производстве выдавливающих сверл используется специально разработанный для этого процесса устойчивый к истиранию и смене теплового режима материал – твердый сплав с покрытием.

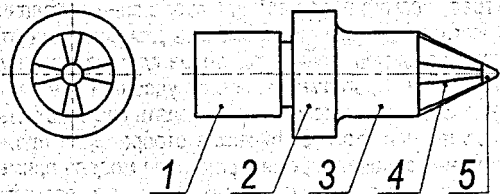


Рис. 1 – Выдавливающее сверло

Процесс сверления выдавливанием состоит из трёх последовательных фаз:

1. Фаза старта: к началу процесса требуется достаточно высокое осевое усилие и число оборотов, чтобы произвести между выдавливающим сверлом и заготовкой необходимую теплоту трения. При этом температура сверла повышается до $650-750^{\circ}$, а заготовки примерно до 600° С. Сила подачи (F_a) повышается до тех пор, пока острие сверла не пройдет сквозь материал (этапы а-в).

2. Техпроцесс: вытесненный материал сначала стекает против направления подачи, а затем, когда острие выдавливающего сверла проходит сквозь материал, вниз в направлении подачи сверла. Сила подачи медленно убывает, в то время как скорость подачи возрастает (этапы д-е).

3. Фаза формообразования: рабочая сердцевина выталкивает материал. Сила подачи понижается до нуля. Кромка выдавливающего сверла формирует из вытесняемого против направления подачи материала своеобразный край в форме уплотнительного кольца (этап ж).

Существуют разнообразные возможности применения выдавливающих сверл. Для выполнения в тонкостенных деталях прочной резьбы, для изготовления опорных участков большой поверхности, паяных и сварных соединений высокой несущей стойкости: паяные соединения большой поверхности с точной цилиндрической частью (основание теплообменника); скользящие опоры с высокой несущей способностью (откидной механизм соляриев); гнёзда шарикоподшипников и игольчатых роликоподшипников в тонко-

стенных трубах (муфта с крестовиной в рулевых стойках безопасности); выполнение резьбы под штуцера в ёмкостях и трубопроводах.

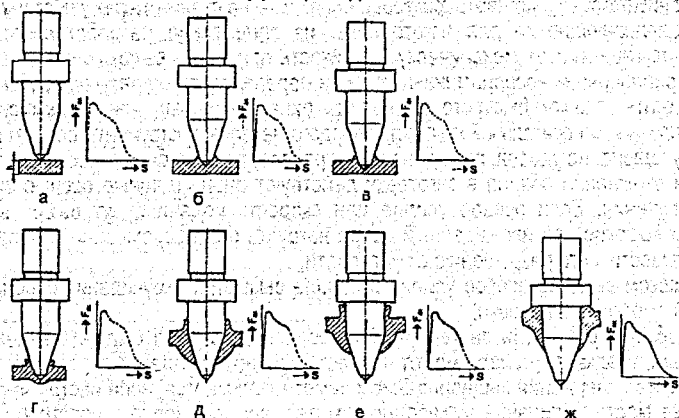


Рис. 2 - Фазы сверления выдавливанием

Для достижения оптимальных результатов необходимо учитывать особенности данного метода, различные типы сверления выдавливанием и предъявляемые к станку требования. Критические значения осевого усилия подачи, числа оборотов, мощности станка, максимальной толщины материала (мм) зависят в основном от выбранного диаметра отверстия под резьбу и толщины заготовки.

Требуемое усилие подачи изменяется пропорционально диаметру отверстия под резьбу. Слишком большое осевое усилие приводит к быстрому выделению тепла и, следовательно, к термическим напряжениям выдавливающего сверла, высокой механической нагрузке инструмента, неблагоприятному воздействию на структуру материала вследствие перегрева. При пониженном осевом усилии наблюдается более медленное нагревание, незначительные термические напряжения, высокая рабочая температура выдавливающего сверла за счет длительного нагрева и, как следствие, меньшая стойкость из-за перегрева сверла.

Число оборотов должно быть настолько малым, насколько это возможно, чтобы сократить охлаждающие простои из-за нагрева сверла. Выбор числа оборотов, в первую очередь зависящий от диаметра отверстия под резьбу, определяется также толщиной и сортом материала. Высоколегированные и нержавеющие стали требуют более низкого числа оборотов и, следовательно, меньших простоев инструмента. Для мягких цветных материалов число оборотов должно быть выше. В целом следует отметить: чем мягче материал, тем большее число оборотов нужно выбирать.

В ходе лабораторных исследований была определена необходимая для соответствующего диаметра отверстия под резьбу (D) максимальная приводная мощность шпинделя (P), которая практически линейна в диапазонах $P = 0,6...4$ кВт и $D = 3...26$ мм. Мощностная характеристика получена из комбинации диаметра отверстия под резьбу и числа оборотов. Большинство дрелей (перфораторов) можно применять для сверления выдавливанием, если они имеют необходимую мощность и число оборотов.

Максимальная толщина обрабатываемого материала пропорциональна диаметру отверстия под резьбу сверла: при обработке материалов толщиной $h = 1,5...10$ мм получают отверстия диаметром $D = 1...26$ мм. При больших толщинах обрабатываемого материала или использовании высоколегированных материалов нужно считаться с большим временем простоя сверла для охлаждения.

Ввиду высокой стоимости сверла-бура (порядка 70 евро один инструмент) его стойкость является лимитирующим критерием экономичности процесса в целом. Поэтому следует внимательно учитывать факторы, влияющие на стойкость режущего инструмента:

- выдавливающие сверла изготовлены из специально разработанного твёрдого сплава, что гарантирует механическую стойкость при очень высоких температурах. Такие материалы очень восприимчивы к резким перепадам температуры, поэтому необходимо избегать слишком быстрого нагрева или охлаждения выдавливающего сверла;

- по причине относительной хрупкости твёрдого металла, инструменты следует внедрять в заготовку плавно, не ударяя, при хранении и транспортировке беречь сверло от ударов;

- при вхождении сверла в заготовку действуют очень мощные осевые силы и моменты кручения. Если осевое усилие или скорость подачи будут выбраны неверно (слишком высокие), то неожиданный сброс нагрузки при прохождении сверла насквозь может привести к его разрушению от усталости;

- слишком высокое осевое усилие в начале вызывает скручивание сверла и может привести к поломке заготовки;

- необходимо следить за тем, чтобы процесс сверления выдавливанием был непрерывным, усадка материала может привести к изгибу сверла;

- качество сверления выдавливанием заметно снижается, если инструмент изношен или имеет место налипание чужеродного материала на сверле (наростообразование). Его необходимо регулярно удалять грубой наждачной бумагой;

- регулярные смазки после каждого 1-5 сверлений значительно повышают стойкость инструмента;

- рабочая температура сверла должна быть максимально низкой. Оптимальный температурный диапазон визуально характеризуется тёмно-красным цветом инструмента;

- процесс сверления должен осуществляться плавно, а бур не должен слишком долго оставаться в отверстии;

- инструменты и шпиндель станка нужно защищать от термической перегрузки, используя цангу и специальный цанговый патрон с охлаждающим кольцом.

- из-за высоких температур, которые возникают на инструменте при сверлении выдавливанием, цанговый патрон необходимо после примерно 5 сверлений выдавливанием соответственно подтянуть.

Технология Flowdrill прошла внедрение на СП ОАО «Брестгазоаппарат» при обработке труб коллекторов в составе автоматической линии. В процессе внедрения установлены следующие особенности технологии:

- необходимость изготовления более точной заготовки, так как сборка производится на автоматической линии, где необходимо точное позиционирование;

- ужесточились требования к стабильности механических свойств заготовки;

- в качестве заготовок стал использоваться более дорогой материал (Ст 0,8ю, который практически не подвержена старению, вместо Ст 0,8кп);

- существующее оборудование в инструментальном цехе на заводе не позволяет изготовить данный инструмент, поэтому его приходится закупать у производителя в Германии.

УДК 658.511;621.3.047.2

Хомицкая Е.В.

Научный руководитель: преподаватель Мартиновская О.В.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЛИНИИ ОБРАБОТКИ КОЛЛЕКТОРОВ НА СП ОАО «БРЕСТГАЗОАППАРАТ»

Цель данной работы – оценить экономическую эффективность нового оборудования, применяемого на СП ОАО «Брестгазоаппарат». Основная причина внедрения линии –

большое количество брака готовых изделий, возникающего из-за сложности удаления стружки из труб коллекторов вследствие чего не обеспечивалась достаточная герметичность и теплота горения газовой плиты. Для устранения этих недостатков операция сверления отверстий была заменена на операцию сверления выдавливанием.

Выдавливающие сверла – это полигонально отшлифованные твердосплавные инструменты. При достаточно высоком числе оборотов и осевом усилии они давят на тонкостенные металлические материалы, материал пластифицируется под действием высвобождаемой при этом теплоте трения, так что сверло свободно проходит через заготовку. Образуется отверстие, и одновременно из сместившегося вниз разогретого материала формируется втулка.

Данная технология является дорогостоящей из-за использования новейшего оборудования и инструмента сложной конструкции изготовленного из специального материала, являющегося ноу-хау фирмы-производителя, но она позволяет получать более точные и качественные отверстия в тонкостенных деталях типа труб коллекторов. Образованная при этом процессе втулка позволяет получать герметичные сварные соединения.

Внедрение данной линии обошлось предприятию 3,106 млн. руб., что в 4,5 раза больше стоимости старого оборудования, но данная автоматическая линия позволила сократить производственную площадь участка почти в 3 раза, уменьшить численность основных производственных рабочих в 3 раза, уменьшить трудоёмкость изготовления детали, что позволило уменьшить себестоимость производимой продукции.

При расчёте себестоимости исследовались следующие показатели: материальные затраты, транспортно-заготовительные расходы, основная заработная плата, дополнительная заработная плата, отчисления в фонд соцзащиты, общепроизводственные и общехозяйственные расходы. Сложив данные показатели, получили себестоимость изготовления детали на старом оборудовании – 4253,52 руб., себестоимость изготовления детали на автоматической линии – 3177,86 руб.

Данные по основным показателям занесём в таблицу.

Таблица. Показатели старого и нового методов обработки

Наименование показателя	Величина показателя		Относительная величина отклонения, %
	Старое оборудование	Новая линия	
1	2	3	4
Общая стоимость основных производственных фондов, млн. руб.	681,2	3106,8	356
Производственная площадь участка, м ²	140	50	64,3
Численность основных производственных рабочих, чел.	6	2	66,7
Трудоёмкость изготовления единицы продукции, мин/шт.	2,7	0,98	63,7
Годовой выпуск продукции на одного производственного рабочего, шт./чел.	100200	421750	320,9
Фондовооружённость труда, млн.руб.	113,5	155,3	36,8
Себестоимость годового объёма выпуска продукции, млн.руб.	3587,8	2680,5	25,3

Годовой экономический эффект от внедрения новой автоматической линии обработки коллекторов на СП ОАО «Брестгазоаппарат» составит:

$$Э_r = (C_б - C_{пр}) - E_n (K_{пр} - K_б),$$

где $C_б$, $C_{пр}$ – себестоимость продукции в базовом и проектируемом вариантах;

$K_б$, $K_{пр}$ – капиталовложения в базовом и проектируемом вариантах;

E_n – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности.

$$Э_r = (3587,8 - 2680,5) - 0,12(3106,8 - 681,2) = 592 \text{ млн.руб.}$$

Срок окупаемости новой линии определим по формуле:

$$T = \frac{K_{ин} - K_с}{C_с - C_{ин}} = \frac{3106,8 - 681,2}{3587,8 - 2680,5} = 2,5 \text{ года}$$

Таким образом, несмотря на высокую стоимость данной автоматической линии, мы можем получить экономический эффект от её внедрения, и данное оборудование окупает себя через два с половиной года, что для металлообрабатывающего производства является хорошим показателем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков О.И. Экономика предприятия. – ИНФРА-М, 2006.
2. Суша Г.З. Экономика предприятия: учебное пособие. – Мн.: Новое знание, 2003.
3. Методические указания к выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов специальности 1-36.01.01. Составитель О.В. Мартиновская. – Брест, 2007.

УДК 629.33

Линник Д.А., Казьмин А.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Монтик С.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ МОЩНОСТИ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕССОРА MS EXCEL

Важнейшими условиями для повышения надежности и технического ресурса продукции авторемонтного производства являются совершенствование организации авторемонтного производства, переход на фирменный ремонт при узкой агрегатно-узловой специализации, приведение в действие многочисленных экономических рычагов повышения качества ремонта.

Потенциальные экономические возможности капитального ремонта автомобильной техники наиболее полно реализуются на крупных хорошо оснащенных заводах. В условиях крупносерийного авторемонтного производства может быть наиболее полно реализован принцип преемственности технологии автомобилестроения и авторемонтного производства. Расчеты показывают, что при повышении концентрации производства по ремонту силовых и ходовых агрегатов до 80-100 тыс. капитальных ремонтов в год себестоимость ремонта может быть снижена на 25%. [1, 2].

Однако с увеличением программы авторемонтного предприятия возрастают затраты на транспортирование объектов ремонта.

Целью данной работы является оптимизация мощности авторемонтного предприятия по критерию минимума себестоимости ремонта.

Технико-экономическая эффективность ремонта автомобилей и их составных частей может быть достигнута в результате совершенствования методов проектирования и разработки оптимальной сети авторемонтных предприятий с учетом схемы развития ремонтной базы на перспективу.

Решение поставленной задачи требует оптимизация мощности авторемонтных заводов. Критерием оптимальности является минимум приведенных затрат на единицу продукции, т.е. затрат на ремонт и транспортирование объекта ремонта на завод и обратно. Определение оптимальной мощности авторемонтного завода может производиться по стоимостным показателям или по природосберегающим принципам.

Расчет ведется с использованием корреляционных формул, полученных на основании обработки статистических данных о производственно-хозяйственной деятельности существующих авторемонтных предприятий и действующих нормативов.

Расчетами установлено, что трудоемкость капитального ремонта автомобилей и их агрегатов, стоимость ремонта, а также энергозатраты на ремонт (по количеству условно-

то топлива) имеют достаточно высокую корреляционную связь с массой ремонтируемых изделий и годовой производственной программой.

Трудоемкость капитального ремонта T автомобилей и агрегатов для эталонных условий может быть определена по выражению [2]:

$$T = A \cdot G_o^{D_1}, \quad (1)$$

где G_o – масса ремонтируемого объекта, т;

A и D_1 – показатели, зависящие от типа ремонтируемого изделия.

Однако рассчитанную по формуле (1) трудоемкость необходимо скорректировать с учетом годовой производственной программы при помощи коэффициента K_N , который равен [2]:

$$K_N = A_1 \cdot G_o^{-D_2} \cdot N^{-D_3}, \quad (2)$$

где N – годовая программа предприятия, тыс. капитальных ремонтов;

A_1 , D_2 , D_3 – показатели, зависящие от типа ремонтируемого изделия.

Таким образом, скорректированная трудоемкость T_c капитального ремонта одного изделия составит [2]:

$$T_c = T \cdot K_N = A \cdot A_1 \cdot G_o^{(D_1 - D_2)} \cdot N^{-D_3}, \quad (3)$$

Стоимость капитального ремонта одного изделия C_p выражается следующей зависимостью [2]:

$$C_p = B_1 \cdot G_o + B_2 \cdot G_o^{D_4} \cdot N^{-D_4}, \quad (4)$$

где B_1 , B_2 , D_4 – показатели, зависящие от типа ремонтируемого изделия.

Затраты на транспортирование C_T ремонтного фонда и годовой продукции определяются по формуле [2]:

$$C_T = 2 \cdot R_T \cdot S_n \cdot G_T \cdot K_{TP}, \quad (5)$$

где S_n – себестоимость перевозок объекта ремонта, руб/т. км;

G_T – масса транспортируемого объекта ремонта, т;

R_T – расстояние перевозок ремонтируемых изделий, км;

K_{TP} – коэффициент развития трассы дорог ($K_{TP} = 1,5$).

При проектировании предприятия без привязки его к границе района радиус обслуживания ремонтным предприятием зоны R_3 может быть определен из равенства [2]:

$$\pi \cdot R_3^2 \cdot P_1 = 1000 \cdot N. \quad (6)$$

Откуда

$$R_3 = \sqrt{\frac{1000 \cdot N}{\pi \cdot P_1}}, \quad (7)$$

где P_1 – количество капитальных ремонтов на 1 км² площади в заданном районе.

Между радиусом транспортирования и радиусом обслуживаемой зоны существует зависимость [2]:

$$R_T = \frac{R_3}{1,41}, \quad (8)$$

Подставив в формулу (5) значения входящих в нее параметров, получим:

$$C_T = 2,13 \cdot G_T \cdot S_n \cdot K_1 \cdot \sqrt{N}, \quad (9)$$

где K_1 – условная величина ($K_1 = \sqrt{\frac{319}{P_1}}$).

Суммарные затраты на ремонт, включающие стоимость ремонта изделия на авторемонтном предприятии, и затраты на транспортирование объектов ремонта будут равны [2]:

$C_o = C_p + C_T$, (10)
 В результате выполненных предварительных расчетов получена целевая функция стоимости ремонта одного объекта, которая выражается зависимостью [2]:

$$C_o = B_2 \cdot G_o^A \cdot N^{-D_2} + 2,13 \cdot G_T \cdot S_n \cdot K_1 \cdot \sqrt{N}, \quad (11)$$

В формуле (11) первое слагаемое выражает стоимость ремонта (без учета стоимости запасных частей, так как их стоимость не зависит от программы завода N), которая уменьшается с увеличением программы N . Второе слагаемое в формуле выражает транспортные затраты на перевозку объектов ремонта, которые возрастают с увеличением программы завода N . Решение задачи заключается в определении величины программы N_{opt} , при которой суммарные затраты на единицу продукции будут минимальными.

Для определения оптимальной годовой программы авторемонтного предприятия необходимо создать математическую модель оптимизации.

Математическая модель оптимизации годовой программы авторемонтного предприятия имеет вид:

1. Оптимизируемые параметры: годовая программа N предприятия, тыс. капитальных ремонтов.

2. Целевая функция (критерий оптимальности): минимум стоимости ремонта C_o одного объекта, которая включает стоимость ремонта изделия на авторемонтном предприятии, затраты на транспортирование объектов ремонта и имеет следующий вид:

$$\min C_o = (B_1 \cdot G_o + B_2 \cdot N^{-D_2} \cdot G_o^A) + 2,13 \cdot S_n \cdot G_T \cdot \sqrt{\frac{319}{R}} \cdot \sqrt{N}. \quad (12)$$

3. Ограничения: минимальное N_{min} и максимальное N_{max} значения годовой программы предприятия, тыс. капитальных ремонтов:

$$N_{min} \leq N \leq N_{max}. \quad (13)$$

Реализуем данную математическую модель в табличном процессоре MS Excel с использованием функции *Сервис/Поиск решения*.

Пример проведенного расчета (отчет по результатам) и полученный график зависимости стоимости ремонта от величины годовой программы ремонта представлены в таблице 1 и на рис. 1.

Таблица 1 – Отчет по результатам

Microsoft Excel 2000

Рабочий лист: [Копия.xls]

Отчет создан: 30.10.2008

Целевая ячейка (Минимум)

Ячейка	Имя	Исходное значение	Результат
\$B\$33	Co	10	457,9480344

Изменяемые ячейки

Ячейка	Имя	Исходное значение	Результат
\$B\$28	N	1	30,7

Ограничения

Ячейка	Имя	Значение	Формула	Статус	Разница
\$B\$28	N	30,7	\$B\$28<=\$B\$31	не связан.	69,33124592
\$B\$28	N	30,7	\$B\$28>=\$B\$30	не связан.	29,66875408

Разработанная математическая модель и прикладная программа могут быть использованы в учебном процессе при проектировании авторемонтных предприятий, а также при проведении лабораторных работ по дисциплине «Научные исследования и решение инженерных задач».

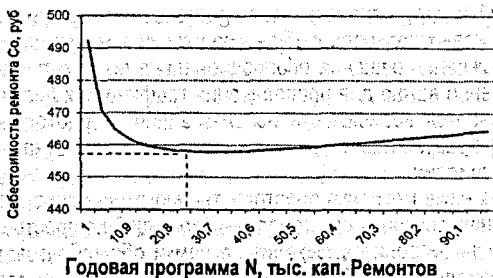


Рис. 1 – Зависимость себестоимости ремонта от годовой программы авторемонтного предприятия

ЛИТЕРАТУРА

1. Болбас М.М. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учеб. для студентов специальности «Техническая эксплуатация автомобилей» учреждений, обеспечивающих получение высш. образования. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 528 с.: ил.
2. Савич А.С., Казацкий А.В., Ярошевич В.К. Проектирование авторемонтных предприятий: учебное пособие – Мн.: Образование и воспитание, 2002. – 256 с.: ил.

УДК 744.42:004.92

Наумчик А.С.

Научный руководитель: ассистент Омесь Д.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «КОМПАС»

Бурное развитие современных компьютерных технологий предоставляет принципиально новые возможности практически во всех отраслях деятельности человечества. Не является исключением и педагогика, где освоение новых компьютерных систем преподавателями и использование их в учебном процессе открывает широчайший простор для различных педагогических новаций. Вполне оправдано то внимание, которое уделяется на сегодняшний день высшими учебными заведениями подготовке молодых специалистов, свободно владеющих новейшими компьютерными технологиями, что позволяет в итоге молодым людям быть востребованными на рынке труда.

Целью настоящего исследования является построение 3-мерной модели пересечения двух поверхностей вращения (конус и цилиндр) и наглядное представление поведения линии пересечения поверхностей при изменении их взаимного положения.

Для реализации поставленной цели были использованы возможности твердотельного моделирования графической системы КОМПАС, а также возможности создания анимационных видеороликов с помощью программного продукта VideoMach.

В настоящей работе использованы возможности графического комплекса КОМПАС V8, предназначенного для создания конструкторской документации в различных областях производства проектных работ. Данная графическая система получила широкое распространение на просторах постсоветских республик. КОМПАС прекрасно себя зарекомендовал в различных отраслях проектной деятельности: станкостроении, машиностроении, проектировании инженерных сетей. Отличительная особенность системы КОМПАС: состоит в простоте её интерфейса, возможности решать достаточно сложные задачи как в 2D, так и в 3D пространстве, широкие возможности в создании текстовой информации, спецификаций, кроме того, возможность создания различных графических, оптических эффектов.

Немаловажный интерес представляет использование графической системы КОМПАС в разработке новых подходов к обучению различным дисциплинам, где визуализация процесса нахождения решения пропорциональна восприятию информации слушателем курса (особенно важно для преподавания графических дисциплин). В настоящей работе рассматривается возможность использования твердотельного моделирования системы КОМПАС в разработке новых подходов в создании обучающих систем в области графических дисциплин.

Рассмотренная ниже методика пространственного моделирования пересечения поверхностей вращения, создания ортогональных проекций по пространственной модели и создание анимационных роликов выходит за рамки общеобразовательной программы высших учебных заведений. Данная методика может быть использована и для исследования пересечения других поверхностей вращения.

Линия взаимного пересечения двух поверхностей является линией, одновременно принадлежащей обеим пересекающимся поверхностям. Для построения такой линии в ортогональных проекциях необходимо построить ряд точек, одновременно принадлежащих обеим пересекающимся поверхностям. Причем такое построение даст представление о форме линии пересечения для конкретного взаимного положения поверхностей. При необходимости определения линии пересечения для другого положения поверхностей построения следует произвести снова в полном объеме.



Рисунок 1 – Пространственная модель пересечения конуса и цилиндра: а) – основание конуса больше основания цилиндра; б) – основание конуса меньше основания цилиндра

Для упрощения поставленной задачи можно воспользоваться возможностями 3-мерного твердотельного моделирования графического пакета КОМПАС. Общепринятым порядком моделирования твердого тела является последовательное выполнение булевых операций (объединения, вычитания и пересечения) над объемными элементами (сферами, призмами, цилиндрами, конусами, пирамидами и т.д.). Плоская фигура, на основе которой образуется тело, называется эскизом, а формообразующее перемещение эскиза – операцией. Так, с помощью операций «Вращение» и «Выдавливание» создается пространственная модель пересечения двух поверхностей вращения (рис. 1, а). И уже на этом этапе можно наблюдать линию пересечения этих поверхностей.

Все произведенные операции можно редактировать. Так, изменяя расстояние между осями поверхностей, можно задавать любое положение конуса относительно цилиндра. В настоящем исследовании рассмотрено два возможных варианта соотношения оснований конуса и цилиндра – когда диаметр основания конуса больше диаметра цилиндра и наоборот. В этих двух случаях линия пересечения будет вести себя по-разному при изменении взаимного положения поверхностей. Чтобы построить пространственную модель пересечения конуса и цилиндра для случая, когда основание конуса меньше основания цилиндра, достаточно отредактировать эскиз, содержащий образующие конуса (рис. 1, б).

Графический пакет КОМПАС позволяет сохранять содержимое окна программы в некоторых графических форматах – jpeg, tiff, bmp и др. Для создания анимации после-

довательно задавались положения поверхностей с небольшим шагом расстояния между их осями так, чтобы конус постепенно прошел сквозь цилиндр, и содержимое окна программы сохранялось в графическом файле. Для того чтобы можно было видеть линию пересечения поверхностей, был установлен способ отображения модели «Каркас». В результате была получена последовательность изображений, из которой в дальнейшем с помощью программы VideoMach были созданы анимированные видеоролики.

При просмотре анимационного ролика можно наблюдать динамику изменения формы линии пересечения и сделать вывод, что она представляет собой пространственную кривую второго порядка. Такого рода представление пересечения двух поверхностей вращения помогает наглядно увидеть поведение линии пересечения. В случае большего конуса линия пересечения присутствует в течение всего перемещения конуса сквозь цилиндр и в момент, когда их оси совпадают, линия превращается в плоскую окружность с радиусом, равным радиусу цилиндра. В случае большего цилиндра линия пересечения появляется дважды – при «входе конуса в цилиндр» и при «выходе».

Графический пакет КОМПАС позволяет по 3-мерной модели создавать виды в ортогональных и аксонометрических проекциях. На фронтальной плоскости проекция конуса будет изменять своё положение относительно цилиндра и линия пересечения. На горизонтальной проекции линия пересечения будет совпадать с проекцией горизонтально проецирующего цилиндра. В профильной плоскости проекции конуса и цилиндра всегда будут занимать одинаковое положение, и только линия пересечения будет изменять свою форму. Для каждого взаимного положения на профильной проекции была оставлена только линия пересечения. На фронтальной проекции конус отображен только в начальном и конечном положении, для промежуточных положений оставлена только линия пересечения. Таким образом, можно проследить изменение формы линии пересечения в ортогональных проекциях (рис. 2).

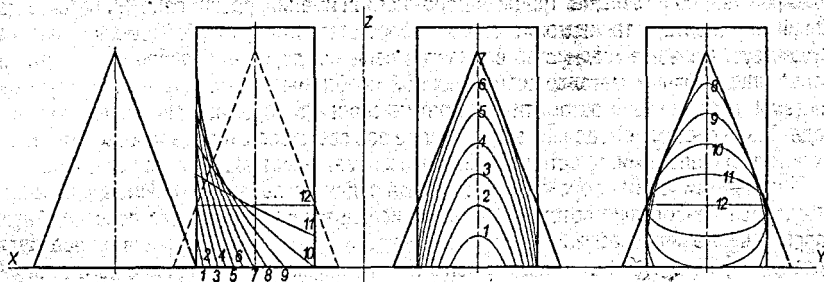


Рисунок 2 – Линия пересечения в ортогональных проекциях (конус «больше» цилиндра)

Для случая, когда конус меньше цилиндра последовательность всех действий - от создания пространственной модели до создания ролика – будет аналогичной. Результат такого исследования показан на рисунке 3.

Применение пространственного твердотельного моделирования при построении линий пересечения геометрических поверхностей позволяет значительно сократить время, увидеть линию пересечения в пространстве, развить пространственное мышление. Применение графической системы КОМПАС позволяет создавать ортогональные проекции с помощью лишь нескольких операций при имеющейся пространственной модели. Если провести такие же исследования без применения программных средств, то они окажутся более трудоёмкими и не дадут полной картины поведения линии пересечения поверхностей. Аналогичные исследования по вышеописанной методике можно проводить для множества других поверхностей и случаев их взаимного расположения. Дан-

ные материалы можно использовать при объяснении соответствующего материала в курсе «Начертательной геометрии».

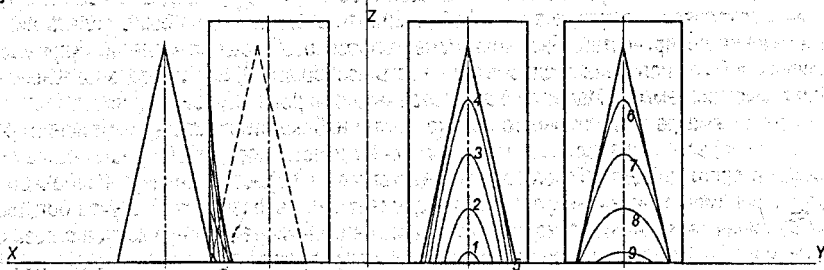


Рисунок 3 – Линия пересечения в ортогональных проекциях (конус «меньше» цилиндра)

УДК 625.13.08

Касьяник В.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.

СИСТЕМА ВИДЕОДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ ПОТОКОМ В УЗЛАХ ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА

Адаптивное управление.

Перспективным направлением развития дорожного движения является улучшение качества использования проезжей части с помощью увеличения её загрузки и активного реагирования на изменение трафика дорожного движения, распределения потоков движения транспорта, а также мониторинга и сбора статистики для последующего анализа. Существует большое количество вариантов решения дорожной проблемы, однако наиболее эффективный метод решения данной проблемы – создание интеллектуальной системы, позволяющей автоматически оптимизировать дорожное движение в черте города. Такая система объединит в одно целое все светофоры города и позволит сделать их интеллектуальными, то есть адаптивными к изменениям параметров движения.

Ключевыми узлами дорожной сети города являются перекрестки. Именно на них наблюдаются наибольшие потери в качестве использования дорожного полотна. Анализ условий движения показывает, что интенсивности транспортных потоков на подходах к перекрестку не постоянны, а подвержены изменениям в течение суток с ярко выраженными пиковыми периодами (одним или двумя). Кроме того, даже при постоянной интенсивности, движение автомобилей носит случайный характер, имеются колебания в числе автомобилей, подходящих к перекрестку за одинаковые периоды времени.

При медленном изменении интенсивностей движения оптимальные длительности цикла и фаз, рассчитанные для условий пикового периода, для остального времени суток оказываются неоптимальными, как правило, слишком большими, приводящими к неоправданым задержкам транспорта.

Жесткое программное регулирование не способно учитывать кратковременные случайные колебания в числе автомобилей, подходящих к перекрестку.

Таким образом, задача улучшения автоматического управления движением на перекрестке состоит в создании таких технических средств и алгоритмов управления, которые обеспечили бы адаптацию режимов регулирования к изменению условий движения.

Задача адаптивного управления на отдельном перекрестке состоит в постоянном нахождении оптимальных для данных средних значений интенсивностей движения дли-

тельностью цикла и фаз регулирования, а также в корректировке этих длительностей в соответствии с мгновенными колебаниями в количестве автомобилей, подходящих к перекрестку.

Наибольшее распространение среди известных алгоритмов адаптивного регулирования получил так называемый: «метод поиска разрывов в транспортных потоках». Для его реализации необходима информация о проезде автомобилями определенного сечения дороги на подходах к перекрестку.

Разрыв в транспортном потоке — появление интервала времени определенной длительности между моментом проезда одним из автомобилей сечения дороги и моментом проезда этого же сечения следующим за ним (по времени) автомобилем. Информация о моментах появления автомобилей в заданном сечении дороги получается с помощью детекторов транспорта, располагаемых на подходах к перекрестку на заданном расстоянии от стоп-линий.

Существуют различные подходы к детектированию автотранспортных средств: фотоэлектрические, инфракрасные, ультразвуковые датчики, рамки индуктивности, смонтированные в дорожное полотно. Одним из наиболее современных и перспективных подходов является применение видеокамер в качестве датчиков.

Использование видеокамер для детектирования АТС

Применение систем видеодетектирования в дорожных контроллерах позволит определять плотность потока транспортных средств по полосам, скорость и принадлежность к определенному классу (легковые, грузовые, общественный транспорт), а также осуществлять видеобзор с любой выбранной камеры в реальном времени, проводить сбор и обработку накопленных данных, управлять областями детектирования.

Использование видеодетектирования обеспечит эффективное управление движением транспортных и пешеходных потоков в городах при помощи средств светофорной сигнализации, видеоконтроля и регистрации нарушений на дорогах, контроля движения маршрутного транспорта.

Видеонаблюдение на шоссе и на городских улицах имеет свои особенности. Поскольку условия работы на скоростных трассах и на городских улицах существенно различаются, то и системы видеонаблюдения различны.

Системы видеонаблюдения, которые планируется использовать на скоростных трассах, выгодно оснастить интегрированными системами сбора статистической информации. Такую конфигурацию системы можно использовать не только в часы-пик для повышения средней скорости пассажиропотока и уменьшения пробок, но и для уменьшения вероятности дорожных происшествий и улучшения безопасности движения. Такой вариант системы видеодетектирования может делать трафик более скоростным, безопасным и менее напряженным.

В отличие от этого, дорожные объекты с ручным управлением обладают высокими потерями времени и энергии.

Решение задачи видеодетектирования. Алгоритмы.

Работа системы видеодетектирования основана на анализе информации, получаемой с видеокамер, установленных на перекрестке. Полученные изображения в реальном режиме времени анализируются в несколько этапов, затем принимается решение адаптивного управления, сохраняется статистика, полученная в процессе анализа.

Анализ видеоизображений в разрабатываемой системе делится на следующие этапы:

1. Предварительная обработка изображения

Сигналы, получаемые от видеокамеры, имеют невысокое качество, так как камеры будут установлены на улице в неблагоприятных погодных условиях, снижающих качество изображения. Для улучшения качества изображения необходимо проводить предварительную их обработку — применять методы, которые используют различные виды фильтрации и сглаживания изображения.

2. Обнаружение движущихся объектов

Этот этап наиболее важен, поскольку именно он определяет дальнейшее качество системы в целом. В принятой терминологии считается, что движущиеся объекты принадлежат «переднему плану», а стационарные – к «заднему плану», который называется фоном. Процесс обнаружения движущихся объектов называют процессом выделения переднего плана. Для выделения движущихся объектов можно использовать несколько различных методов. Это расширит универсальность и улучшит настраиваемость системы. К таким методам относят следующие методы: методы вычитания фона; вероятностные методы; методы временного отличия; методы оптического потока.

Методы вычитания фона строят модель заднего плана сцены на основе попиксельного сравнения текущего значения и построенного на предыдущих шагах. В вероятностных моделях изменение значений пикселей во времени рассматривается как «пиксельный процесс», т.е. временной ряд, который для каждого пикселя характеризуется своей функцией распределения. Методы временной разности отделяют передний план от фона путем попиксельного вычитания двух или большего числа последовательных кадров. Методы оптического потока основаны на том, что у движущихся объектов можно вычислить направление и величину скорости для каждого пикселя.

3. Классификация объектов

На видеоизображении могут присутствовать различные движущиеся объекты: автомобили, автобусы, мотоциклы. Конечной целью видеодетектирования является сбор статистической информации и принятие решения об адаптивном управлении, поэтому крайне важно правильно классифицировать обнаруженные объекты. Методы классификации объектов можно разделить на две большие группы: геометрические и динамические методы. К геометрическим методам относятся различные варианты методов сегментирования изображений и контурные методы. В основе этих методов лежит идея выделения признаков, характеризующих геометрическую форму объекта, с последующей классификацией объектов на основе этих признаков. Динамические методы используют периодичность двигательных процессов, присутствующих у большинства объектов. Например, у человека во время ходьбы можно выделить повторяющиеся через определенное время характерные позы. В разрабатываемой системе используются геометрические методики.

4. Трекинг (сопровождение) объектов

Целью трекинга является установление соответствия между объектами или их частями в последовательности кадров; а также определение их траекторий и скорости движения. Определенные сложности возникают при изменении ракурсов объектов во время движения, а также их частичное или полное перекрытие, когда один объект полностью загоразивает другой.

5. Определение координат объектов

При осуществлении видеодетектирования для выявления различных внештатных ситуаций необходимо знать координаты обнаруженных объектов, а также соотносить их с координатами на местности. Эта задача называется задачей геолокации – представления объектов на реальной трехмерной сцене.

6. Принятие решения об адаптивном регулировании

Этот этап характеризует реакцию всей системы на дорожную обстановку. Данный модуль может быть связан с системой определения координат объектов, хотя может быть реализован автономно. Результатом его работы является управляющий сигнал на дорожный контроллер и оповещение оператора о принятом решении.

Используя данный типовой алгоритм, система сможет определять плотность потока транспортных средств по полосам, скорость и принадлежность к определенному классу (легковые, грузовые), а затем адаптивно управлять объектом. Во время детектирования потока транспорта определяются следующие события:

- средняя скорость потока автомобилей за определенное время,
- факты падения скорости движения,
- превышение максимально разрешенной скорости,
- подсчет количества автомобилей, определение плотности дорожного движения,
- расстояние между автомобилями,
- время между прохождением автомобилей.

Полученная статистика используется для адаптивного управления.

Проблемы и перспективы развития видеодетектирования АТС.

Для развития системы видеодетектирования автотранспортных средств необходимо в первую очередь совершенствовать материально-техническую базу. Применение качественных видеокамер с высоким разрешением изображения, а также малым временем отклика, позволит существенно улучшить работу системы в следующих направлениях:

- размеры области детектирования;
- количество детектируемых автотранспортных средств;
- оперативная реакция на события за счет малого времени отклика.

Качественные видеокамеры смогут повысить универсальность системы. Так, можно дополнительно решать задачи распознавания автомобильных номеров и обнаружения нарушений.

С удешевлением оптоволоконных технологий в системах управления дорожным движением можно использовать передачу по оптоволокну. Такие системы обеспечат двухстороннюю многоканальную передачу изображений, а также передачу цифровой и аудиоинформации в полосе частот до 1,0 ГГц и выше. Это будет являться дополнительным преимуществом по сравнению с использованием обычных кабелей, которые при таких расстояниях характеризуются слабыми сигналами, возможностью кодировать лишь статические и медленно изменяющиеся сигналы.

Одно из направлений развития – внедрение модуля распознавания номеров. Наиболее важной особенностью применения такого модуля является считывание номеров при пересечении автомобилем постов сбора пошлины и быстрая передача этой информации в центр управления для проверки. Таким образом, если автомобиль проезжает без оплаты, соответствующие власти автоматически уведомляются, что они могут остановить водителя.

Также стоит рассмотреть возможность уменьшения влияния погодных факторов и особенностей окружающей природы: Так снегопад, дождь существенно ухудшают результаты детектирования. Одной из проблем в настоящее время являются вспышки света фар автомобилей при получении изображений ночью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Программный комплекс для мониторинга транспортных средств по видеоизображению. – Москва: МГУ, 2004.
2. Вороной А. Методы и способы поиска событий в видеопотоке. – ДонНТУ, 2003.
3. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения. – Минск 1996.

УДК 004.896:621.865

Склипус Д.Б.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А

КОНСТРУКЦИЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ ПО РАЗМЕЧЕННОМУ МАРШРУТУ

Автономные мобильные роботы находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Круг решаемых с их помощью задач включает как автоматизированную

доставку грузов и изделий, так и работу в зоне, недоступной или опасной для человека. Часто при решении описанных задач есть возможность заранее обозначить возможные маршруты движения робота: радиооптическими излучателями, механическими препятствиями, разметкой поверхности, по которой производится движение. Так, для перевозки грузов на некоторых предприятиях используют роботов, движущихся по нанесенным на пол помещения линиям. Данный способ указания маршрута выгодно отличается своей дешевизной и надежностью, не создает дополнительных сложностей в работе предприятия и в ряде случаев обеспечивает оптимальное сочетание цены и гибкости автоматизированного управления. Однако в наиболее распространенном случае маршрут задается непрерывной линией, не содержащей развилки и тупиковых отрезков. Поэтому исследовательские разработки, направленные на увеличение гибкости и многовариантности данного способа управления, сохраняют актуальность [1].

В данной статье рассматривается разработанная нами конструкция робота для отработки алгоритмов движения по поверхности с заранее нанесенными маршрутными линиями.

Корпус робота выполнен из полистирольной пластмассы и имеет габариты: 210x175 мм. На рис. 1 (б) показан внутренний вид корпуса с установленными электродвигателями. На рисунке 1 (а) схематически показано размещение основных узлов робота в корпусе.

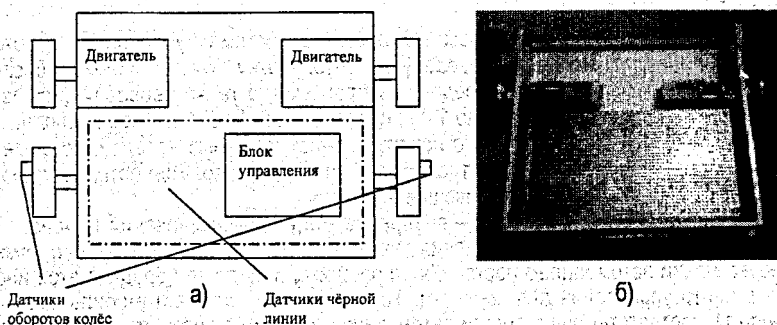


Рисунок 1 – Структурная схема робота (а) и конструктив (б)

Робот приводится в движение двумя электродвигателями, которые передают крутящий момент на заднюю пару колес. В конструкции использованы коллекторные электродвигатели со встроенным редуктором, передаточное число которого имеет соотношение 90 к 1. Напряжение питания равно 12 В. Передние колёса установлены на независимые оси с пружинным амортизатором для обеспечения постоянного контакта с поверхностью. Управление двигателями базируется на микросхеме L293D, заменяющей транзисторные ключи. Микросхема обеспечивает максимальный ток 500 мА на канал.

На поверхность, по которой осуществляется движение, должна быть нанесена черная линия, задающая маршрут. Для слежения за линией маршрута робот оборудован матрицей 5x4 датчиков отражения. Фотография матрицы датчиков изображена на рисунке 2. Матрица используется для распознавания черной линии под роботом. В качестве измерительных преобразователей используются фотодатчики и инфракрасные светодиоды. После ряда экспериментов и расчётов в качестве фотодатчика была выбрана микросхема SFH5110 и светодиод L-53F3C. На рисунке 3 (б) представлен график относительной спектральной чувствительности интегральной схемы SFH5110. Микросхема представляет собой диод с операционным усилителем. Она работает в инфракрасном диапазоне на частоте 36 кГц и, таким образом, защищена от влияния дневного света. Каждый – фотодатчик непосредственно подключается к микроконтрол-

леру, что обеспечивает высокую скорость определения состояния. Устранение эффекта дребезга контактов в оптопарах обеспечивается программным способом [2]. Показания датчиков чёрной линии анализируются каждые 5 мс.

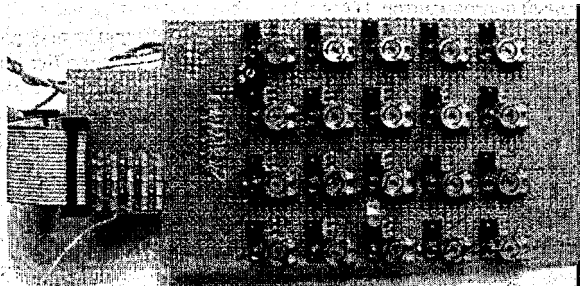


Рисунок 2 – Матрица датчиков чёрной линии

Передняя пара колёс оборудована девятипозиционными датчиками вращения, каждый из которых изготовлен на основе промышленной оптопары, извлечённой из корпуса.

Робот оборудован фронтальными датчиками освещенности [3], включёнными по схеме, приведенной на рисунке 3 (а).

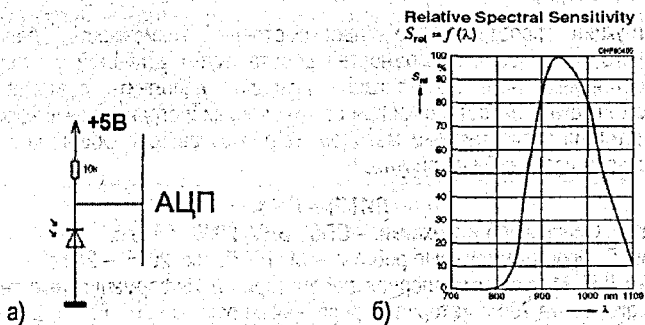


Рисунок 3 – Схема включения датчика освещенности (а) и график относительной спектральной чувствительности интегральной схемы SFH5110 для его расчета (б)

Питание робота осуществляется набором из десяти батарей типа AA. Для формирования напряжения питания интегральных схем применён импульсный преобразователь.

При выборе микроконтроллера учитывались следующие параметры: наличие АЦП, более 2Кб ОЗУ (для хранения массивов), низкая стоимость. Рассматривались микроконтроллеры ATmega128 и ATmega32. Выбор был сделан в пользу более мощного контроллера ATmega128L, работающего в широком диапазоне питания и, таким образом, хорошо подходящего для автономных систем.

ATmega128 содержит 128 кбайт внутрисистемной программируемой флэш-памяти с поддержкой чтения во время записи, 4 кбайт ЭСППЗУ, 4 кбайт статического ОЗУ, 53 линии универсального ввода-вывода, 32 универсальных рабочих регистра, счетчик реального времени (RTC), четыре гибких таймера-счетчика с режимами сравнения и ШИМ, 2 УСАПП, двухпроводной последовательный интерфейс, ориентированный на передачу байт, 8-канальный 10-разрядный АЦП с опциональным дифференциальным входом с программируемым коэффициентом усиления, программируемый сторожевой таймер с внутренним генератором, последовательный порт SPI, испытательный

интерфейс JTAG, совместимый со стандартом IEEE 1149.1, который также используется для доступа к встроенной системе отладки и для программирования. Загрузка кодов команд в память микроконтроллера осуществляется из персонального компьютера через внутрисхемный программатор JTAG.

Отладка схемы выполнялась с использованием осциллографического адаптера PCS64i, подсоединенного к персональному компьютеру стандартной конфигурации. На рисунке 4 изображен вид панели управления осциллографа.

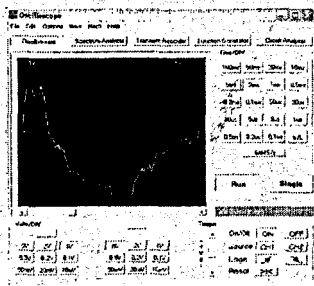


Рисунок 4 – Вид панели управления осциллографа

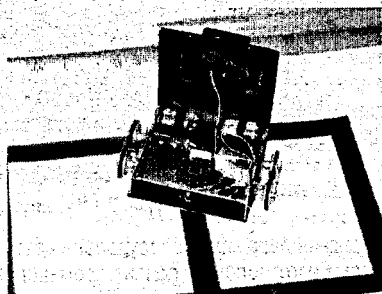


Рисунок 5 – Фотография робота в сборе

В конструкции робота также предусмотрена возможность дальнейшего функционального расширения возможностей робота путем установки ультразвуковых датчиков расстояния. Такая модификация позволит дополнить реализованную в настоящий момент функцию остановки при столкновениях и ограниченные возможности объезда препятствия бесконтактным методом их распознавания. Общий вид робота с открытым корпусом изображён на рисунке 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юревич Е. Основы робототехники. – СПб.: ВHV, 2005. – 416 с.
2. Вильямс Д. Программируемые роботы. – М.: ИТ Пресс, 2006. – 240 с.
3. Склипус Д.Б. Микроконтроллерная лаборатория // Информационные технологии управления в экономике 2006: материалы респ. науч.-практ. конф. – Брест, 2006. – С. 35.

УДК 004.896:621.865

Склипус Д.Б.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.

АЛГОРИТМ ДВИЖЕНИЯ ПО ЧЁРНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

В работе рассматриваются алгоритм управления и его программная реализация для автономного мобильного робота [1, 2]. Алгоритм обеспечивает движение робота по чёрной линии с корректной обработкой разветвлений и тупиковых отрезков. Применение такой системы в промышленных предприятиях позволит повысить интеллектуальность автоматизированной доставки грузов, увеличив тем самым эффективность.

Алгоритм обеспечивает движение робота по маршруту, заданному нанесенной на поверхность пола чёрной линией. Для устойчивого распознавания маршрута сформулированы следующие требования к чёрной линии.

- Линии должны пересекаться только под прямым углом.
- Повороты должны быть под прямым углом.

- Расстояние между перекрёстками не должно быть меньше длины робота.
- Длинные кривые должны быть отмечены метками на карте (Метка представляет собой чёрный прямоугольник, длина которого не менее 180 мм, а ширина 18-25 мм).

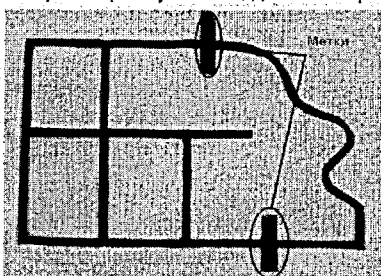


Рисунок 1 – Фотография линии – траектории движения робота

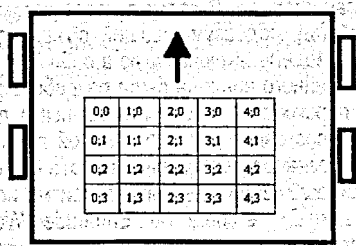


Рисунок 2 – Нумерация матрицы датчиков робота

Алгоритм основывается на последовательном преодолении перекрёстков, соответствующих описанным выше требованиям. Если робот движется вдоль левой границы чёрной линии, он повернёт налево на ближайшем перекрёстке, но если он двигался вдоль правой границы чёрной линии, то повернёт направо. Для исключения каких-либо поворотов и гарантированного прямолинейного движения робот движется без отклонений вправо и влево. Данный алгоритм может быть применён для уже известных карт чёрной линии. Иначе при попытке двигаться в сторону, где нет чёрной линии, например, вперёд на Т-образном перекрёстке, направление движения робота будет не определено.

Блок датчиков, считывающих изображение маршрута с находящейся под роботом поверхности [3, 4], представляет из себя матрицу размерностью 5x4 элементов. Нумерация датчиков изображена на рисунке 2. При движении робота вдоль левой границы чёрной линии используются два датчика с индексами (2,2) и (1,2). Таблица истинности, на основе которой обрабатываются поступающие от датчиков входные данные, представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Таблица истинности для движения робота вдоль левой границы чёрной линии

Направление	Чёрная поверхность	Белая поверхность
Вперёд	(2,2)	(1,2)
Поворот налево 1	(1,2) и (2,2)	-----
Поворот налево 2	(1,2)	(2,2)
Поворот направо	-----	(1,2) и (2,2)

При движении робота вдоль правой границы чёрной линии, используется пара датчиков (2,2) и (3,2) в соответствии с табл. 2.

Таблица 2 – Таблица истинности для движения робота вдоль правой границы чёрной линии

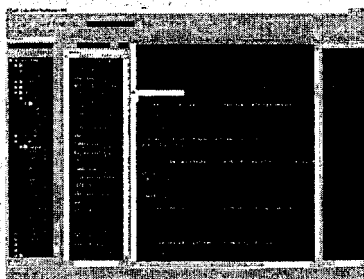
Направление	Чёрная поверхность	Белая поверхность
Вперёд	(2,2)	(3,2)
Поворот направо 1	(3,2) и (2,2)	-----
Поворот направо 2	(3,2)	(2,2)
Поворот налево	-----	(3,2) и (2,2)

Прямолинейное движение осуществляется за счёт работы центральных датчиков чёрной линии, имеющих индексы (2,i), где $i = \overline{1-4}$. Если они сигнализируют о наличии чёрной линии под роботом, выполняется перемещение прямо. Иначе показания датчиков правой и левой половины матрицы сравниваются, и направление движения выбирается в

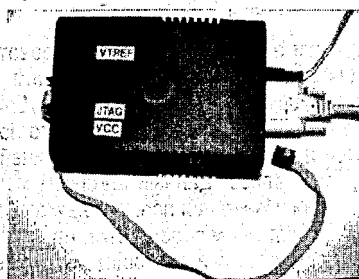
зависимости от результатов сравнения: если на правой половине больше число датчиков сигнализирует о наличии чёрной линии, то робот повернёт направо, иначе – налево.

Определение перекрестков возможно одним из двух методов. Первый подразумевает сравнение со всеми возможными типами перекрестков, число которых в нашем случае равняется 2^{20} . В связи с недопустимой трудоёмкостью данного процесса был выбран метод, подразумевающий объединение возможных типов перекрестков в обобщённую модель, включающую в себя Х- и Т-образные перекрестки, а также повороты. В рамках данного подхода была разработана функция для определения положения робота на перекрёстке. Входными данными для неё являются двумерный массив, описывающий состояние датчиков чёрной линии. Возвращаемое значение имеет логический тип: 1 обозначает нахождение робота на перекрёстке, а 0 - на участке чёрной линии.

Для реализации данного алгоритма использовался высокоуровневый язык программирования C++ в среде JAR Embedded Workbench 4.1. На рисунке 2 (а) изображен процесс отладки разработанного программного обеспечения в среде программирования, а также JTAG контроллер (б), использованный для удаленной отладки.



а)



б)

Рисунок 2 – а) Среда программирования в режиме отладки; б) JTAG контроллер

Алгоритм был протестирован на действующем макете робота. Эксперименты продемонстрировали устойчивое движение по заданному маршруту при отсутствии сбоев в аппаратном обеспечении робота. Исследование зафиксированных ошибок в распознавании маршрута выявило следующие аппаратные причины:

1. Отсутствие питания на блоке электроники;
2. Обрыв проводов;
3. Контакты датчиков.

Разработанное программное обеспечение требует настройки только одного коэффициента, характеризующего скорость робота. Данный коэффициент настраивается экспериментальным способом и не изменяется на протяжении всей эксплуатации робота.

Для проверки устойчивости алгоритма к механическим повреждениям, было искусственно ослаблено крепление левого ведущего колеса робота. Данная неисправность может возникать в условиях реальной эксплуатации робота с превышением максимально-допустимой нагрузки на заднюю ось. Ее последствиями являются, увеличение времени поворота робота и движение с постоянным уклоном в сторону ослабленного крепления. Эксперименты продемонстрировали устойчивое движение робота по чёрной линии при наличии данной неисправности, показав эффективность разработанного алгоритма также при разной скорости вращения ведущих колёс.

Оценка эффективности алгоритма проводилась по двум параметрам: безопасности и скорости.

На рисунке 3 представлено условное изображение траектории движения робота, задающей маршрут чёрной линии, а также площади, образованной пересечениями этих

кривых. Безопасность оценивается по формуле $B=S/l$, где l – длина отрезка, а S – площадь. Чем меньше значение B , тем более безопасным является движение робота с точки зрения возможных столкновений и необратимой потери маршрута. Безопасность движения может быть также охарактеризована величиной граничного расстояния – максимального расстояния, на которое робот может удалиться от черной линии в рамках выполнения поставленной задачи. В большинстве случаев это расстояние не превышает ширины корпуса робота. Для определения площади S применен теоретический подход на основе использования интегрального исчисления.

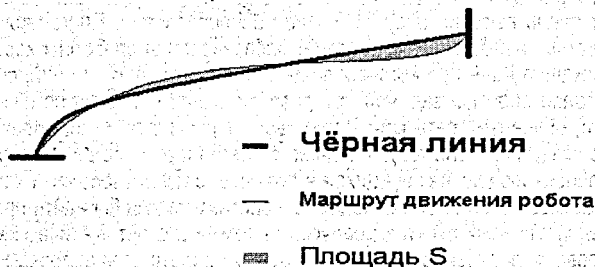


Рисунок 3 – Схематическое изображение маршрута робота, черной линии и площади образованной этими кривыми

Критерием оценки эффективности робота также является отношение скорости его движения с учетом задержек на перекрестках к скорости движения по прямой черной линии. В проведенных экспериментах это отношение составило $4 \text{ см/с} / 5.5 \text{ см/с}$ или 0.28.

Дальнейшее развитие алгоритма направлено на более эффективную обработку данных, поступающих от оптических датчиков, для получения более качественного изображения линии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Склипус Д.Б. Робот SRS. http://www.prorobot.ru/nauka/Sklipus_Robot_System.doc 23/12/2008.
2. Юревич Е. Основы робототехники. – СПб.: BHV, 2005. – 416 с.
3. Вильямс Д. Программируемые роботы. – М.: ИТ Пресс, 2006. – 240 с.
4. Склипус Д.Б. Микроконтроллерная лаборатория: сб-к тезисов по секции «Информатика» Междунар. конф. «VI Колмогоровские чтения». – Москва, 2006. – С. 26.

УДК 004.8.032.26

Войцехович Г. Ю.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Головкин В.А.

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА

Введение. Каждый человек обладает рядом уникальных биометрических характеристик, таких как изображение сетчатки глаза, узор радужной оболочки, отпечатки пальцев, голос, лицо и прочие. Часть из этих характеристик успешно используется для идентификации человека в криминалистике или при решении задач контроля доступа [1]. Методы, основанные на применении биометрических параметров, имеют множество преимуществ по сравнению с традиционными, такими как ключ, пароль и др., которые можно подделать, забыть или потерять. Однако имеется и ряд недостатков. Один из них заключается в том, что сравнение полученных биометрических параметров с имеющимися в базе данных является весьма сложной и трудоемкой задачей. Вторым недостатком – сложность собственно получения характеристик. До сих пор задача идентификации че-

ловека по изображению лица остается не решенной на 100%, и, ввиду ее сложности, можно с уверенностью говорить о том, что в ближайшее время она будет оставаться весьма актуальной.

ПРЕИМУЩЕСТВА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Одним из способов частичного решения проблемы поиска человека по изображению лица в имеющейся базе данных является использование нейронных сетей. Такой подход, так же как и абсолютно все существующие методы, не дает 100%-ной гарантии правильной идентификации человека по его фотографии. Тем не менее, нейронные сети обеспечивают очень высокие результаты при распознавании. Благодаря их обобщающим способностям, нейросетевые системы распознавания способны корректно проводить идентификацию даже при наличии возрастных изменений, эмоций, очков и пр., что является наиболее сложной задачей при распознавании человека по изображению лица. Кроме того, обученная сеть мгновенно выдает результаты при подаче на нее изображения, что позволяет использовать такие системы в режиме реального времени, например, для поиска людей, находящихся в розыске, с использованием камер наблюдения в местах массового скопления. Подобные системы могли бы найти применение также на таможенных и иных пунктах пропуска (в том числе автоматических), где по изображению человека, полученному в данный момент с фото- или видеокamеры, осуществлялся бы поиск в предварительно сформированной базе данных. Использование подобных систем может значительно облегчить работу сотрудников таможенных пунктов пропуска и повысить ее качество в связи с устранением влияния психологического состояния (усталости и других факторов) сотрудника на результаты его работы. Кроме того, использование таких систем может полностью заменить человека при контроле доступа к какому-либо объекту.

ОБЩАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ

В статье описывается система распознавания лиц, основанная на применении нейронных сетей, реализация которой проводилась в среде Borland C++ Builder.

Все изображения подвергаются предварительной обработке, которая включает в себя поворот фотографии, выделение области лица, масштабирование, а также перевод изображения в градации серого, приведение среднего значения яркости к единому значению и расширение гистограммы для покрытия всего диапазона от 0 до 255. Общая структура системы распознавания лиц представлена на рис. 1.

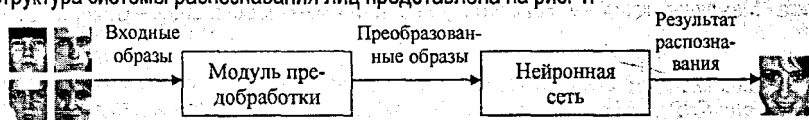


Рис. 1 – Общая структура системы распознавания образов

Преобработка необходима для устранения влияния условий съемки на результаты работы нейронной сети. В случае непроведения вышеперечисленных этапов обработки изображений, сеть в большей степени осуществляет сравнение не по биологическим параметрам, а по яркости изображений, углу поворота и пр., что, естественно, приводит к некорректным результатам распознавания. В связи с этим необходимо отметить, что для достижения наилучших результатов работы системы необходимо использовать фотографии только одного ракурса. Сеть чувствительна к изменениям ракурса и с большой степенью вероятности может выдавать ошибочные результаты при значительном отклонении углов съемки используемого в обучающей выборке и подаваемого для распознавания изображений. Для устранения этого ограничения можно помещать в обучающую выборку для каждого человека несколько фотографий с различными ракурсами [2].

После проведения предобработки, изображения размером 40x45 пикселей подаются на входы нейронной сети. В качестве основы системы распознавания была выбрана многослойная нейронная сеть, или многослойный персептрон, содержащий 1 скрытый слой [3].

Для уменьшения времени обучения многослойного персептрона был реализован алгоритм выделения главных компонент с использованием рециркуляционной нейронной сети [4], а также, как альтернативный вариант, – алгоритм дискретного косинусного преобразования для получения коэффициентов низкочастотной составляющей, содержащей наибольшее количество информации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Эксперименты проводились с использованием изображений лиц из общедоступных баз данных BioID, ORL и YaleFaces в сочетании с собственными фотографиями, полученными с цифрового фотоаппарата. Таким образом, тестирование системы осуществлялось на изображениях, полученных в условиях, максимально приближенных к условиям потенциального применения системы, т.е. использовались фотографии из разных баз данных, полученные с различных камер, в различных условиях освещения. Кроме того, люди фотографировались в различных эмоциональных состояниях, а также с очками или без них.

Результаты экспериментов, проведенных на единственной многослойной нейронной сети, сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

	Время обучения и процент распознавания на незнакомых образах при использовании	
	20 образов	50 образов
Многослойный персептрон	2 мин; 100%	29 мин; 94%
Рециркуляционная сеть + многослойный персептрон	1,5 мин; 100%	22 мин; 90%
Косинусное преобразование + многослойный персептрон	1,5 мин; 100%	8 мин; 84%

Заключение. В целом, можно сделать вывод, что представленные методы распознавания лиц весьма эффективны. Необходимо лишь правильно подобрать и обработать входные образы. В таком случае будет обеспечена устойчивая и адекватная работа системы. В связи с этим наиболее перспективным направлением в дальнейшей работе по данной теме представляется более тщательная обработка изображений, возможно, с выделением ключевых точек, что позволит задавать наиболее информативные области и точки лица, уменьшить количество нейронов входного слоя, а, следовательно, улучшить работу системы с большими объемами данных.

В данной статье были приведены результаты тестирования системы, основанной на единственной многослойной нейронной сети. Корректность работы этой сети обратно пропорциональна количеству лиц в обучающей выборке, т.е. сеть имеет предел. Для многих задач число запоминаемых сетью лиц окажется недостаточным. В таких случаях можно использовать ансамбль многослойных нейронных сетей, что позволит расширить число запоминаемых системой лиц до необходимой величины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самаль Д.И., Старовойтов В.В. Подходы и методы распознавания людей по фото-портретам. – Минск: ИТК НАНБ, 1998. – 54 с.
2. K. Madani. Modular and self-organizing connectionist systems: toward higher level intelligent functions // International Scientific Journal of Computing. – 2006. – Vol. 5, Issue 2. – P. 6-17.
3. Головкин В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение: учеб. пособие для вузов / Общая ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2001. – Кн. 4 – 256 с.
4. E. Oja. Principal components, minor components and linear networks // Neural Networks. – 1992. – Vol. 5. – P. 927-935.

ОПЕРАТОРНОЕ РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ДУ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ АРГУМЕНТОМ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЕМ

В реальных достаточно сложных системах и объектах управления всегда присутствуют элементы запаздывания. Например, время, необходимое для прохождения топлива в двигателе летательного аппарата от регулирующего клапана до зоны горения; время обработки информации в ЭВМ, включенной в контур управления. Привлечение аппарата ДУ с отклоняющимся аргументом является средством более точного описания систем и объектов автоматического управления.

В теории автоматического управления при расчете переходных процессов в линейных электрических цепях возникают дифференциальные уравнения (ДУ), в которые известная функция входит при различных значениях аргумента, например:

$$x''(t) = \phi(t, x(t), x'(t), x(t - \tau_1(t)), x(t - \tau_2(t))).$$

Такие уравнения называются ДУ с отклоняющимися аргументами. Если $\tau_k(t) = \text{const} > 0$, а старшая производная зависит только от t , то получаем ДУ с запаздывающим аргументом.

Пусть дано линейное ДУ с запаздывающим аргументом с постоянными коэффициентами:

$$x^{(n)}(t) = \sum_{k=0}^{n-1} a_k \cdot x^{(k)}(t - \tau_k) + f(t), \quad (1)$$

где $a_k = \text{const}$, $\tau_k = \text{const} \geq 0$ ($0 < t < +\infty$).

Требуется найти решение задачи Коши для ДУ (1) с нулевыми начальными условиями:

$$x(0) = x'(0) = \dots = x^{(n-1)}(0) = 0. \quad (2)$$

При этом считаем, что искомая функция $x(t)$ и ее производные $x^{(k)}(t)$, $k = 1, n-1$ являются оригиналами и равны 0 при $t < 0$.

Применив к обеим частям уравнения (1) преобразование Лапласа и пользуясь теоремой запаздывания в оригинале, получим операторное уравнение для изображения $X(p)$:

$$p^n X(p) = \sum_{k=0}^{n-1} a_k \cdot p^k \cdot X(p) \cdot e^{-\tau_k p} + F(p), \quad F(p) = Lf(t), \quad (3)$$

отсюда получаем операторное решение уравнения (1):

$$X(p) = \frac{F(p)}{p^n - \sum_{k=0}^{n-1} a_k p^k e^{-\tau_k p}} \quad (4)$$

Затем в формуле (4) переходим к оригиналам и получаем решение $x(t)$ уравнения (1), удовлетворяющее начальным условиям (2).

При решении данной задачи возникают затруднения при переходе от операторного решения (4) к обычному решению $x(t)$ уравнения (1).

Рассмотрим решение конкретной задачи Коши для ДУ

$$x''(t) = 2x'(t-1) - x(t-2) + 1, \quad x(0) = 0, \quad x'(0) = 0. \quad (5)$$

Решение.

Преобразование Лапласа для функции - оригинала $f(t)$ определяется формулой

$$Lf(t) = F(p) = \int_0^{+\infty} f(t) \cdot e^{-pt} dt.$$

Тогда по теоремам запаздывания и дифференцирования оригинала с учетом начальных условий получим

$$Lx(t) = X(p), \quad Lx'(t-1) = pX(p) \cdot e^{-p}, \quad Lx(t-2) = e^{-2p}X(p),$$

$$Lx''(t) = p^2X(p), \quad L1 = \frac{1}{p}.$$

Операторное уравнение для ДУ (5) имеет вид $p^2X(p) = 2pX(p) \cdot e^{-p} - X(p) \cdot e^{-2p} + \frac{1}{p}$.

Отсюда получаем операторное решение ДУ (5): $(p^2 - 2pe^{-p} + e^{-2p})X(p) = \frac{1}{p}$.

$$X(p) = \frac{1}{p \cdot (p - e^{-p})^2}, \quad X(p) = \frac{1}{p^3 \cdot (1 - \frac{e^{-p}}{p})^2}.$$

Обозначим $\frac{e^{-p}}{p} = y$; дробь $\frac{1}{(1-y)^2}$ разложим в степенной ряд по степеням y :

$$\frac{1}{(1-y)^2} = 1 - 2 \cdot (-y) + \frac{(-2)(-3)}{2!} (-y)^2 + \frac{(-2)(-3)(-4)}{3!} (-y)^3 + \dots + \frac{(-2)(-3) \dots (-n-1)}{n!} (-y)^n + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(n+1)!}{n!} y^n = \sum_{n=0}^{\infty} (n+1)y^n.$$

Тогда

$$X(p) = \frac{1}{p^3} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} (n+1) \cdot \frac{e^{-np}}{p^n} = \sum_{n=0}^{\infty} (n+1) \cdot \frac{e^{-np}}{p^{n+3}}.$$

Переходим к оригиналам в полученном решении. Для $x(t)$ получаем

$$x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n+1}{(n+2)!} \cdot (t-n)^{n+2} \cdot \eta(t-n),$$

где $\eta(t-n)$ — смещенная единичная функция Хевисайда.

Для ДУ с запаздывающим аргументом, описывающих процесс с последствием ставится задача: найти решение уравнения $x(t)$ для $t \geq t_0$, причем для всех $t \leq t_0$, для которых значения $x(t)$ влияют на последующие значения при $t \geq 0$, функция $x(t)$ задается. Общая постановка задачи: найти непрерывное решение $x(t)$ при $t \geq t_0$ уравнения

$$x'(t) = f(t, x(t), x(t-\tau)), \quad \tau = const > 0,$$

если дано, что $x(t) = \phi(t)$ для $t_0 - \tau \leq t \leq t_0$. Здесь $\phi(t)$ — заданная непрерывная функция, называемая начальной функцией. Отрезок $[t_0 - \tau, t_0]$, на котором задается начальная функция, называется начальным множеством. Решение линейных ДУ такого типа с постоянными коэффициентами и с постоянным запаздыванием можно искать с помощью преобразования Лапласа.

Рассмотрим два примера решения ДУ с последствием.

Пример 1. Найти решение уравнения с заданной начальной функцией

$$x'(t) + x(t - \frac{\pi}{2}) = 0, \quad \phi(t) = \cos t, \quad -\frac{\pi}{2} \leq t \leq 0.$$

Решение. $Lx(t) = X(p), \quad Lx'(t) = pX(p) - x(0) = pX(p) - 1$.

В данном случае $x(t) \neq 0$ на начальном множестве отрицательных значений t .

$$Lx(t - \frac{\pi}{2}) = \int_0^{\infty} x(t - \frac{\pi}{2}) \cdot e^{-pt} dt = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\infty} x(y) e^{-p(y + \frac{\pi}{2})} dy = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\infty} x(y) e^{-py} e^{-\frac{p\pi}{2}} dy =$$

$$= e^{-\frac{\pi}{2}p} \cdot \left(\int_{-\frac{\pi}{2}}^0 \cos y \cdot e^{-py} dy + \int_0^{\infty} x(y) \cdot e^{-py} dy \right) = e^{-\frac{\pi}{2}p} \cdot \left(\frac{-p \cos y + \sin y}{p^2 + 1} e^{-py} \Big|_{-\frac{\pi}{2}}^0 + X(p) \right) =$$

$$= e^{-\frac{\pi}{2}p} \cdot \left(-\frac{p}{p^2 + 1} + \frac{1}{p^2 + 1} e^{\frac{\pi}{2}p} + X(p) \right).$$

Получаем операторное уравнение относительно изображения $X(p)$:

$$pX(p) - 1 - \frac{p}{p^2 + 1} \cdot e^{-\frac{\pi}{2}p} + \frac{1}{p^2 + 1} + X(p) \cdot e^{-\frac{\pi}{2}} = 0,$$

отсюда операторное решение получим в виде

$$\left(p + e^{-\frac{\pi}{2}p} \right) \cdot X(p) = \frac{p^2 + 1 - p \cdot e^{-\frac{\pi}{2}p}}{p^2 + 1}, \quad X(p) = \frac{p}{p^2 + 1}.$$

Значит, искомое решение $x(t) = \cos t$, $-\frac{\pi}{2} \leq t \leq +\infty$.

Пример 2. Найти решение дифференциального уравнения

$$x'(t) = x(t-1) + t, \quad \phi(t) = 1, \quad -1 \leq t \leq 0.$$

Решение.

После преобразования по Лапласу получаем уравнение

$$pX(p) - 1 = \int_0^{\infty} x(t-1) \cdot e^{-pt} dt + \frac{1}{p^2}, \quad (p - e^{-p})X(p) = \frac{1 - p - e^{-p}}{p^2}.$$

$$X(p) = \left(\frac{1}{p^3} - \frac{1}{p^2} \right) \cdot \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-np}}{p^n} \right) - \frac{e^{-p}}{p^3} \cdot \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-np}}{p^n} \right),$$

$$X(p) = \frac{1}{p^3} - \frac{1}{p^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-np}}{p^{n+3}} - 2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-np}}{p^{n+2}}.$$

Берем обратное преобразование Лапласа и получаем решение данного ДУ:

$$x(t) = \left(-t + \frac{t^2}{2} \right) \cdot \eta(t) + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{(t-n)^{n+2}}{(n+2)!} - 2 \cdot \frac{(t-n)^{n+1}}{(n+1)!} \right) \cdot \eta(t-n).$$

ЛИТЕРАТУРА

1. М.А. Краснов, А.И. Киселев, Г.И. Макаренко. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. – М.: Наука, 1981. – 304 с.

УДК 551.492

Лахмицкий А.А., Согоян А.Л.

Научный руководитель: к.ф.-мат.н, доцент Махнист Л.П.

О СВОЙСТВАХ И СХОДИМОСТИ РЕШЕНИЯ ОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ

Рассмотрим дифференциальное уравнение для описания колебаний речного стока, используемое в стохастической гидрологии [1]:

$$\frac{d^2 \theta_1}{d\xi^2} - \xi \frac{d\theta_1}{d\xi} = -1, \quad \frac{d\theta_1}{d\xi}(\infty) = 0, \quad \theta_1(\xi) \Big|_{\xi=0} = 0. \quad (1)$$

Уравнение (1) при решении различных прикладных задач, например в [2], интегрировалось численными методами. Приведем решение этого уравнения [3].

Введем обозначение $\frac{d\theta_1}{d\xi} = f(\xi)$. Тогда, учитывая, что $\frac{d^2 \theta_1}{d\xi^2} = \frac{df}{d\xi}$, приходим к ли-

нейному дифференциальному уравнению первого порядка $\frac{df}{d\xi} - \xi f = -1$, с начальным условием $f(\xi)|_{\xi \rightarrow \infty} = 0$.

Решение последнего уравнения будем отыскивать в виде $f(\xi) = u(\xi)v(\xi)$. Тогда, учитывая, что $f'(\xi) = u'(\xi)v(\xi) + u(\xi)v'(\xi)$, получим уравнение $u'v + uv' - \xi uv = -1$ или $u'v + u(v' - \xi v) = -1$ (*).

Найдем одно из ненулевых решений уравнения $v' - \xi v = 0$. Разделяя переменные в уравнении $\frac{dv}{d\xi} = \xi v$, решением которого, очевидно является $v = 0$, получим $\frac{dv}{v} = \xi d\xi$.

Интегрируя последнее уравнение, имеем $\int \frac{dv}{v} = \int \xi d\xi + C_2$. Откуда $\ln|v| = \frac{\xi^2}{2} + \ln C_1$,

или $v = \pm C_1 e^{\frac{\xi^2}{2}}$: Следовательно, $v = C e^{\frac{\xi^2}{2}}$ — общее решение дифференциального уравнения $v' - \xi v = 0$.

Выберем одно из ненулевых решений этого уравнения, например, $v = e^{\frac{\xi^2}{2}}$, при $C=1$. Подставляя его, в уравнение (*), имеем $u'e^{\frac{\xi^2}{2}} = -1$ или $u' = -e^{-\frac{\xi^2}{2}}$. Откуда $u = -\int e^{-\frac{\xi^2}{2}} d\xi + C$.

Следовательно, $f(\xi) = u(\xi)v(\xi) = (-\int e^{-\frac{\xi^2}{2}} d\xi + C)e^{\frac{\xi^2}{2}}$ или $f(\xi) = (C - \int_{-\infty}^{\xi} e^{-\frac{t^2}{2}} dt)e^{\frac{\xi^2}{2}}$ —

общее решение дифференциального уравнения $\frac{df}{d\xi} - \xi f = -1$.

Заметим, что $\int_{\sqrt{\pi}}^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 1$. Тогда $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 2 \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \sqrt{2\pi}$ и, учитывая начальное условие $f(\xi)|_{\xi \rightarrow \infty} = 0$, имеем $f(\xi) = \left(\sqrt{\frac{\pi}{2}} - \int_0^{\xi} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \right) e^{\frac{\xi^2}{2}}$.

Используя разложение функции e^x в ряд Тейлора, имеем $e^{\frac{\xi^2}{2}} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\xi^{2n}}{2^n n!}$ и

$$e^{-\frac{t^2}{2}} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n t^{2n}}{2^n n!}.$$

Тогда $\int_0^{\xi} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \int_0^{\xi} \left(\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n t^{2n}}{2^n n!} \right) dt = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n t^{2n+1}}{2^n n! (2n+1)} \Big|_0^{\xi} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n \xi^{2n+1}}{2^n n! (2n+1)}$.

Следовательно, решение $f(\xi) = \left(\sqrt{\frac{\pi}{2}} - \int_0^{\xi} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \right) e^{\frac{\xi^2}{2}}$ можно представить в виде

$$f(\xi) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\xi^{2n}}{2^n n!} - \left(\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n \xi^{2n+1}}{2^n n! (2n+1)} \right) \cdot \left(\sum_{n=0}^{\infty} \frac{\xi^{2n}}{2^n n!} \right) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\xi^{2n}}{2^n n!} -$$

$$- \sum_{n=0}^{\infty} \left(\sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k}{2^k k! (2k+1) 2^{n-k} (n-k)!} \right) \xi^{2n+1} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\xi^{2n}}{2^n n!} -$$

$$- \sum_{n=0}^{\infty} \left(\sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k}{k! (2k+1) (n-k)!} \right) \frac{\xi^{2n+1}}{2^n} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\xi^{2n}}{2^n n!} - \sum_{n=0}^{\infty} \left(\sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k C_n^k}{(2k+1)} \right) \frac{\xi^{2n+1}}{2^n n!}.$$

Докажем, что $\sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k C_n^k}{2k+1} = \frac{(2n)!!}{(2n+1)!!}$.

Действительно, используя бином Ньютона, $(1-x^2)^n = \sum_{k=0}^n (-1)^k C_n^k x^{2k}$ и интегрируя,

$$\text{имеем } \int_0^1 (1-x^2)^n dx = \int_0^1 \sum_{k=0}^n (-1)^k C_n^k x^{2k} dx = \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k C_n^k x^{2k+1}}{2k+1} \Big|_0^1 = \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k C_n^k}{2k+1}.$$

Заметим, что с другой стороны

$$I_{m,n} = \int_0^1 x^m (1-x^2)^n dx = \int_0^1 \frac{(1-x^2)^n}{m+1} dx^{m+1} = \frac{x^{m+1} (1-x^2)^n}{m+1} \Big|_0^1 - \int_0^1 \frac{x^{m+1}}{m+1} d(1-x^2)^n = 2n \int_0^1 \frac{x^{m+2}}{m+1} (1-x^2)^{n-1} dx = \frac{2n}{m+1} I_{m+2, n-1}.$$

Тогда

$$I_{m,n} = \frac{(2n)!!}{\prod_{k=1}^n (m+2k-1)} I_{m+2n,0} \text{ и } I_{0,n} = \frac{(2n)!!}{\prod_{k=1}^n (2k-1)} I_{2n,0} = \frac{(2n)!!}{(2n-1)!!} I_{2n,0}.$$

$$\text{Учитывая, что } I_{2n,0} = \int_0^1 x^{2n} dx = \frac{x^{2n+1}}{2n+1} \Big|_0^1 = \frac{1}{2n+1}, \text{ имеем } I_{0,n} = \frac{(2n)!!}{(2n+1)!!} \text{ и}$$

$$\sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k C_n^k}{2k+1} = \int_0^1 (1-x^2)^n dx = I_{0,n} = \frac{(2n)!!}{(2n+1)!!}.$$

Заметим также, что значения $I_{m,n}$ связаны с бета-функцией $B(p,q) = \int_0^1 t^{p-1} (1-t)^{q-1} dt$

соотношением:

$$I_{m,n} = \int_0^1 x^m (1-x^2)^n dx = \left| \begin{matrix} x^2 = t, x = \sqrt{t} \\ 2x dx = dt \end{matrix} \right| = \frac{1}{2} \int_0^1 t^{\frac{m-1}{2}} (1-t)^n dt = \frac{1}{2} B\left(\frac{m+1}{2}, n+1\right).$$

Тогда, используя свойства бета-функции $B(p,q)$ и гамма-функции

$\Gamma(z) = \int_0^\infty e^{-t} t^{z-1} dt$ — интегралы Эйлера первого и второго рода, получим

$$I_{0,n} = \frac{1}{2} B\left(\frac{1}{2}, n+1\right) = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \Gamma(n+1)}{2\Gamma\left(\frac{1}{2} + n + 1\right)} = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) 2^{n+1} n!}{2\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) (2n+1)!!} = \frac{(2n)!!}{(2n+1)!!}.$$

$$\text{Следовательно, } f(\xi) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\xi^{2n}}{2^n n!} - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\xi^{2n+1}}{(2n+1)!!}.$$

Так как $\frac{d\theta}{d\xi} = f(\xi)$ и, учитывая начальное условие $\theta_1(\xi)|_{\xi=0} = 0$, получаем, что

$$\theta_1(\xi) = S_1(\xi) - S_2(\xi),$$

$$\text{где } S_1(\xi) = A(\xi) - B(\xi) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sqrt{\frac{\pi}{2}} \xi^{2n+1}}{(2n)!!(2n+1)} - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\xi^{2n+2}}{(2n+1)!!(2n+2)}.$$

$$\text{Общие члены этих рядов } a_n = a_n(\xi) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{\xi^{2n+1}}{(2n)!!(2n+1)} \text{ и } b_n = b_n(\xi) = \frac{\xi^{2n+2}}{(2n+1)!!(2n+2)} \text{ удовлетворяют рекуррентным соотношениям } a_{n+1} = \frac{(2n+1)\xi^2}{(2n+2)(2n+3)} a_n,$$

$a_0 = \xi \sqrt{\frac{\pi}{2}}$ и $b_{n+1} = \frac{(2n+2)\xi^2}{(2n+3)(2n+4)}$, $b_0 = \frac{\xi^2}{2}$. Эти соотношения можно использовать для вычисления значений частичных сумм рядов $A(\xi)$, $B(\xi)$.

Исследуем на сходимость ряды $A(\xi)$, $B(\xi)$. Используя признак Д'Аламбера, имеем

$$\left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| = \frac{\xi^2(2n+1)}{(2n+2)(2n+3)} < \frac{\xi^2}{2n+3} < q < 1, \text{ если } n > \frac{\xi^2}{2q} - 1,5 \text{ и}$$

$$\left| \frac{b_{n+1}}{b_n} \right| = \frac{(2n+2)\xi^2}{(2n+3)(2n+4)} < \frac{\xi^2}{2n+4} < q < 1, \text{ если } n > \frac{\xi^2}{2q} - 2.$$

Следовательно существует такое число q , $0 < q < 1$, что, начиная с некоторого номера, например, $n_0 = \left[\frac{\xi^2}{2q} \right]$, выполняются неравенства $\left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| < q$, $\frac{b_{n+1}}{b_n} < q$. Тогда остатки рядов $A(\xi)$, $B(\xi)$, удовлетворяют неравенствам: $\left| \sum_{k=n}^{\infty} a_k \right| \leq \frac{|a_n|}{1-q}$, $\sum_{k=n}^{\infty} b_k \leq \frac{b_n}{1-q}$ и сходятся со скоростью, не меньшей, чем скорость бесконечно убывающей геометрической прогрессии со знаменателем q .

Таким образом, значения рядов $A(\xi)$, $B(\xi)$, с заданной точностью $\varepsilon > 0$, можно получить, вычисляя n -ые частичные суммы этих рядов $\sum_{k=0}^{n-1} a_k$, $\sum_{k=0}^{n-1} b_k$, если выполняются неравенства:

$$|a_n| \leq \varepsilon(1-q), \quad b_n \leq \varepsilon(1-q), \quad \text{и } n \geq n_0 = \left[\frac{\xi^2}{2q} \right]. \quad (3)$$

Так, например, для $q = 0,5$ неравенства принимают вид: $|a_n| \leq \varepsilon$, $b_n \leq \varepsilon$, и $n \geq n_0 = \left[\xi^2 \right]$.

Таким образом, точность 2ε вычисления значения $S_1(\xi)$ обеспечивается вычислением n -ых частичных сумм рядов $\sum_{k=0}^{n-1} a_k(\xi)$, $\sum_{k=0}^{n-1} b_k(\xi)$ при выполнении условий (3), что гарантирует точность 4ε вычисления значения $\theta_1(\xi) = S_1(\xi) - S_1(\xi)$.

Учитывая следствие формулы Стирлинга: $n^n e^{-n} \sqrt{2\pi n} < n! < n^n \sqrt{2\pi n} e^{-n + \frac{1}{12n}}$, имеем

$$\left| \frac{a_n}{b_n} \right| = \frac{\sqrt{\frac{\pi}{2}}(2n+1)!!(2n+2)}{|\xi|(2n)!!(2n+1)} = \frac{\sqrt{\frac{\pi}{2}}(2n)!(2n+2)}{|\xi|2^{2n}(n)!} >$$

$$> \frac{\sqrt{\pi}(2n+2)(2n)^{2n}e^{-2n}2\sqrt{\pi n}}{|\xi|\sqrt{2} \cdot 2^{2n} n^{2n} 2\pi n e^{-2n + \frac{1}{6n}}} = \frac{(n+1)\sqrt{2\pi}}{n e^{\frac{1}{6n}} |\xi|} > \frac{\sqrt{2\pi}}{e^{\frac{1}{6}} |\xi|} \geq 1,$$

если $n \geq \frac{\sqrt{e}\xi^2}{2}$. Следовательно, для $n \geq n_0 = \left[\xi^2 \right]$ выполняется неравенство $|a_n| \geq b_n$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Найденов В.И., Швейкина В.И. Нелинейные модели колебаний речного стока // Водные ресурсы. – М., 2002. – Том 29, № 1. – С. 62-67.
2. Волчек А.А., Парфомук С.И. Сравнительная оценка марковских и нелинейных моделей годового стока рек Беларуси // Вестник БрГТУ. – Брест, 2006. – № 5. – С. 56-60.
3. Волчек А.А., Гладкий И.И., Махнист Л.П., Парфомук С.И. О решении одной стохастической модели многолетних колебаний речного стока // Вестник БрГТУ. – Брест, 2008. – № 5. – С. 83-87.

СЕГМЕНТАЦИЯ ИСКАЖЕННОГО РАСТРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ АЛФАВИТНО-ЦИФРОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Введение. Автоматическое распознавание графических образов текстовой информации, основанное на технологиях компьютерного зрения (Computer Vision), используется в самых разнообразных приложениях: обработка анкет, идентификация регистрационных номеров, считывание сумм на банковских документах и т.п. Для этого растровый образ входного изображения подвергается символическому описанию, включающему необходимые процедуры сегментации (на строки, слова и символы) и распознавания (классификации) отдельных символов. Эффективная реализация названных процедур существенно затрудняется, если изображение имеет значительные искажения. Источники искажений различного типа (включая преднамеренные искажения) присутствуют практически на всех этапах формирования изображения [1].

Очевидным проявлением искажений графического образа текстовой (алфавитно-цифровой) последовательности является слияние отдельных фрагментов, при этом вероятность слияния символов внутри слова намного превышает вероятность слияния отдельных слов или строк текста. В данной работе представлен алгоритм сегментации фрагментов алфавитно-цифровых последовательностей, а именно – слов из слитых символов с искривленным начертанием, не использующий каких-либо специализированных dll-библиотек и других типовых средств.

1. Постановка задачи

В качестве входной информации будем рассматривать некоторое статическое растровое изображение с 1-битной глубиной представления пикселей, содержащее точно одно слово алфавитно-цифровых символов. При этом степень искажения (искривления растра, слияния символов) должна допускать однозначную дешифрируемость слова в субъективном восприятии, как, например, на рисунке 1.



Рисунок 1 – Искаженный растровый образ слова (выделены области слияния символов)

Каждый выделенный сегмент изображения (символ) масштабируется в один из стандартных форматов (например, 29×29 пикселей) и подается на некоторый типовой модуль распознавания. Распознавание может выполняться, например, классификатором топологических признаков (например, дефицита формы типа «дыра») и/или классификатором поточечного соответствия эталону [2]. Результат распознавания выдается обычно в виде вероятности совпадения анализируемого сегмента с одним или несколькими символами некоторого алфавита.

Разбиение сложного изображения на сегменты может быть осуществлено неединственным способом, поэтому наилучшему варианту сегментации должен соответствовать максимум некоторой интегральной оценки, основанной на достоверности распознавания всех найденных в данном варианте сегментов.

2. Описание алгоритма сегментации

Общая структура алгоритма базируется на перечисленных ниже процедурах. Первая из них пояснений не требует, особенности остальных процедур представлены далее.

1) Исходное изображение слова ориентируется горизонтально, основываясь на достижении максимального соотношения длины изображения к его высоте. Отдельные сегменты выделяются последовательно, например, слева направо, путем их отсекания вертикальными или близко к ним ориентированными отрезками.

2) Поиск опорных точек, которые определяют возможные секущие отрезки, выполняется по признаку вогнутости внешнего контура изображения на его верхних либо нижних границах.

3) Множество возможных секущих отрезков составляют: отрезки, заданные парами опорных точек, а также отрезки, задаваемые одной опорной точкой и дополнительным условием, конкретизирующим их направление.

4) Набор возможных секущих определяет дерево вариантов сегментации изображения. В процессе перебора вариантов качество каждого шага сегментации оценивается вероятностью совпадения выделенного сегмента с некоторым символом (определяется модулем распознавания). Интегральная оценка каждого варианта вычисляется в виде произведения пошаговых вероятностей, т.е. как итоговая вероятность соответствия изображения некоторой последовательности символов.

Опорные точки сегментации определяются путем анализа кривизны внешнего контура изображения; так как точки вогнутости хорошо пригодны для сегментации формы [1]. Простейшие методы контурной сегментации, например, алгоритм прослеживания контура, чувствительны к его случайным погрешностям (шероховатостям). Более эффективно использование методов соединения точек перепадов (например, по правилу Робертса, либо согласно алгоритму Робинсон), обеспечивающих сглаживание посторонних перепадов контура. Аналитической характеристикой формы является функция кривизны, для дискретного изображения кривизна контура; определяемая как: $k(s_i) = \Phi(s_i) - \Phi(s_{i-1})$, где $\Phi(s_i) = \arctg \left\{ \frac{y(s_i) - y(s_{i-1})}{x(s_i) - x(s_{i-1})} \right\}$, а $x(s_i)$ и $y(s_i)$ — координаты i -го элемента контура s_i . Формальным признаком вогнутости, при обходе контура в положительном направлении, является отрицательное значение кривизны ($k < 0$).

В данной задаче, однако, рассматриваются лишь точки существенной вогнутости, превышающей заданный порог кривизны: $k < -K$. Кроме того, поскольку сегментация выполняется преимущественно вертикальными отрезками, то в качестве опорных не следует рассматривать точки, расположенные на боковых (левой и правой) границах контура. Иными словами, в некоторой окрестности $\delta = 1, 2, \dots, \Delta$ опорной точки должно соблюдаться одно из дополнительных условий: $\forall \delta | y(s_{i \pm \delta}) > y(s_i)$ (вогнутость типа А на верхней границе контура), либо $\forall \delta | y(s_{i \pm \delta}) < y(s_i)$ (вогнутость типа В на нижней границе контура). Пример определения опорных точек обоих типов приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 — Опорные точки сегментации на внешнем контуре изображения
(○ - вогнутость типа А, ● - вогнутость типа В)

Множество возможных секущих формируется, исходя из найденных опорных точек, в виде основного (I) и двух дополнительных (II и III) подмножеств.

Основное подмножество составляют отрезки, концами которых служат пары разно-типных опорных точек и которые удовлетворяют следующим условиям:

- опорная точка типа А расположена выше опорной точки типа В;
- наклон отрезка отличается от вертикали на величину, не превышающую заданное пороговое значение γ ;

в) длина отрезка не превышает заданное пороговое значение l .

Дополнительные подмножества образуют секущие, включающие только одну из опорных точек любого типа, вторая же точка отрезка находится на противоположной части контура (выше либо ниже, соответственно, для опорных точек типа А и В): так, что для подмножества II секущая ориентирована строго вертикально, а для подмножества III — по кратчайшей длине сечения. Дублирующие и очень близкие друг к другу секущие исключаются, при этом приоритет имеют секущие из подмножества с меньшим номером.



Рисунок 3 — Возможные секущие сегментации

(— - секущие подмножества I, --- - секущие подмножества II, ··· - секущие подмножества III)

Дерево вариантов сегментации изображения составляется из множества возможных секущих, отсортированных слева направо, по следующим правилам:

- каждая секущая определяет один или несколько узлов дерева, при этом старшим узлом дерева соответствуют секущие, расположенные левее;
- число элементарных ветвей, связывающих старший узел с младшими, равно числу секущих, расположенных правее той, что соответствует старшему узлу.

При увеличении мощности множества возможных секущих, сформированное дерево становится весьма громоздким. В этом случае целесообразно проведение предварительной сегментации изображения, в ходе которой распознавание символов не осуществляется, а выполняется лишь проверка величины сегмента, отсекаемого на каждом шаге: если сегмент слишком мал, соответствующая элементарная ветвь удаляется из дерева. Аналогично могут удаляться элементарные ветви, соответствующие сегментам слишком большого размера, с некорректной формой (пропорцией длина/высота) или топологией (содержащим, например, три и более дыр). Связное дерево, после сокращения, пригодно для собственно сегментации.

Выбор вариантов сегментации реализуется путем назначения конкретного маршрута в узлах дерева. Как уже упоминалось, в качестве оценки успешности каждого шага сегментации (элементарной ветви между узлами) может быть принято значение вероятности соответствия выделенного на данном шаге сегмента некоторому символу, которое определяется модулем распознавания сегментов. В простейшем случае, «хороший» вариант сегментации изображения можно получить, выбирая, в каждом очередном узле маршрута, наилучшую (с наибольшей вероятностью соответствия сегмента) элементарную ветвь. Такая последовательная стратегия имеет наименьшую вычислительную сложность, но не гарантирует эффективной сегментации в целом, наилучшей в смысле максимизации итоговой вероятности (равной произведению всех пошаговых вероятностей). Поэтому, с учетом допустимого соотношения вычислительных затрат на сегментации и достигаемой эффективности, может быть реализована также одна из расширенных стратегий:

- выбор, в каждом очередном узле маршрута, двух или более элементарных ветвей с наивысшими вероятностями соответствия;
- исключение, в каждом очередном узле маршрута, одной либо нескольких элементарных ветвей с очевидно низкими вероятностями соответствия;
- реализация всех возможных маршрутов (вариантов сегментации).


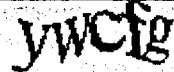

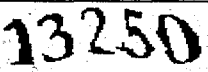
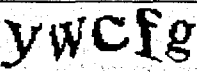

Наилучший вариант выбирается из сформированного набора по критерию максимума итоговой вероятности. Заметим также, что реализация расширенных стратегий, кро-

ме собственно вычислительных затрат, требует также дополнительных ресурсов машинной памяти.

3. Апробация алгоритма. Выводы

Разработанный алгоритм был реализован на MS .NET-платформе с использованием объектно-ориентированного языка программирования C# и технологий на базе указателей [3], обеспечивающих необходимую производительность обработки графических изображений. Апробация алгоритма осуществлялась в составе системы, включающей модуль распознавания типа MLP на основе многослойного персептрона, а также модули предварительной и постобработки изображений (масштабирование, удаление шума, бинаризация, определение замкнутых контуров и др.), освещение которых не входит в основную задачу данного исследования.

В таблице приведены примеры сегментации тестовых графических образов, представляющих собой искаженные изображения алфавитно-цифровых последовательностей.

Исходное изображение			
Сегменты			
Результат распознавания	13250	ywcfg	5C9GV
Вероятность соответствия	0,5608	0,9592	0,4847

Невысокие, в ряде случаев, значения итоговой вероятности соответствия распознанных сегментов выходной последовательности символов, по-видимому, связаны с особенностями функционирования (диапазоном выходных значений вероятности) модуля распознавания, так как собственно распознавание во всех приведенных примерах очевидно безошибочное.

Таким образом, предлагаемый алгоритм сегментации имеет приемлемую вычислительную сложность, эффективен и практически пригоден для обработки искаженных символьных последовательностей, а потому перспективен для построения систем обработки растровых изображений без использования векторной графики.

ЛИТЕРАТУРА

- 1: Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – Кн. 2 – 480 с.
- 2: Абламейко С.В., Лагуновский Д.М. Обработка изображений: технология, методы, применение. – Мн.: Амафeya, 2000. – 304 с.
- 3: Троелсен Э. C# и платформа .NET 3.0. – С-Пб.: Питер, 2008. – 1456 с.

УДК 004.514.62

Жук А.М.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.

АДАПТАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ОСНОВАМ ЯЗЫКА АССЕМБЛЕРА ДЛЯ ОС GNU/LINUX

Все больше различных организаций, в т.ч. в странах СНГ, используют ОС семейства GNU/Linux. В России начался перевод учреждений образования на эту ОС. Главными достоинствами GNU/Linux, относящимися к образовательным учреждениям, являются: полная бесплатность, частые обновления дистрибутивов, обеспечивающие высокий

уровень безопасности программных продуктов, хорошая документированность и поддержка Интернет-сообществом, свободный доступ к исходному коду ПО.

В работе представлено исследование возможности перевода на ОС GNU/Linux начальное обучение студентов низкоуровневому системному программированию на примере языка ассемблер. Проанализированы сложности, связанные с архитектурными отличиями платформы, выполнен анализ имеющихся средств разработки и предложен комплекс программного обеспечения для выполнения лабораторного практикума.

По данным проекта Ohloh [1], занимающегося сбором статистики по исходным кодам программного обеспечения и содержащего на сегодняшний день данные о приблизительно трех миллиардах строк кода двухсот тысяч разработчиков, код на ассемблере содержится в 1 352 активных проектах (по данным на апрель 2009 г.). Активным в данном случае считается проект, частота изменения ассемблерного кода в котором в течение года составляет не менее 1 строки в месяц.

При этом общее число строк на ассемблере в рассмотренных проектах равняется 40 223 602 (31 593 665 без учета комментариев).

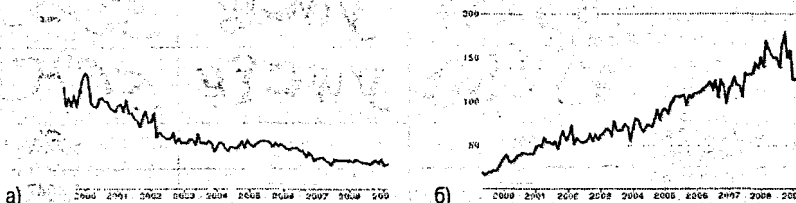


Рис. 1 – Динамика числа программных продуктов с активно изменяемым ассемблерным кодом в проектах от общего количества наблюдаемых проектов (а) и динамика изменения их количества (б)

В целом, как видно из рис. 1-а, доля проектов, использующих ассемблерный код, в последнее десятилетие устойчиво снижается. Данная тенденция может быть объяснена в первую очередь более активным использованием языков программирования высокого уровня в сфере микроконтроллеров для встраиваемых приложений, а также меньшей ролью оптимизации кода в современных прикладных программах. Тем не менее, за счет экстенсивного роста информационных технологий, общее число проектов, активно использующих ассемблер, также демонстрирует неуклонный рост, хоть и не такой быстрый, как для языков высокого уровня (соответствующую зависимость демонстрирует рис. 1-б).

В ряде случаев роль ассемблера остается по-прежнему важной: при разработке драйверов устройств и некоторых других аппаратно-зависимых частей операционных систем, при создании компиляторов и интерпретаторов языков программирования, при решении задач, требующих жесткой оптимизации критических участков кода, и др.

Неверным было бы забывать и о неизменной важности образовательной миссии языка ассемблер. Помимо востребованности низкоуровневых программистов на рынке, навыки программирования на ассемблере важны для понимания внутренней структуры и принципов работы микропроцессорной техники. Составление и отладка ассемблерных программ является единственным способом отслеживания особенностей внутреннего устройства и функционирования процессоров, знание основ ассемблера увеличивает способность программиста генерировать качественный и эффективный код на языках высокого уровня, избавляет производимые им программные продукты от ряда «узких мест» производительности и, иногда, уменьшает число потенциальных уязвимостей в коде [2, 3].

В настоящее время программирование на ассемблере рассматривается в учебных программах в основном на примере ОС DOS. Такой выбор программной платформы вызван историческими причинами (в т.ч. большим числом учебных пособий по ассемблеру,

написанных во время популярности данной ОС), а также заметно возросшей сложностью низкоуровневого программирования для сменившей ее ОС Windows [4].

Вместе с тем нельзя не отметить, что в настоящее время различные версии DOS используются в основном на компьютерах, произведенных более 15 лет назад. Прикладное программное обеспечение, разработанное для DOS и сохранившее актуальность до настоящего времени, обычно применяется на современных операционных системах в режиме эмуляции DOS либо в виртуальных окружениях. Определить число компьютеров, использующих DOS в качестве основной ОС, довольно сложно. Но, т.к. данная ОС не присутствует в статистике, собираемой поисковыми серверами среди компьютеров, подключенных к Интернет, можно предполагать, что доля таких вычислительных систем составляет мене 0.01%. В связи с этим поиск альтернативных программных платформ для преподавания языка ассемблера остается актуальной задачей.

В качестве наиболее подходящей платформы для перевода лабораторных практикумов по основам программирования на языке ассемблер нами выбрана ОС GNU/Linux. Выбор платформы обоснован как факторами роста ее популярности, так и простотой программирования. Рассмотрим подробнее оба фактора.

Открытый доступ к исходному коду и связанные с ним технические и экономические преимущества значительно облегчают адаптацию ОС для самых различных платформ. Этим объясняются сильные позиции GNU/Linux на рынке специализированных устройств. Данная ОС используется в потребительской электронике, телекоммуникационном оборудовании, медицинских системах, автомобилях, вооружении и др. По данным Venture Development Corporation, Linux является наиболее популярной системой для встраиваемых устройств, занимая более 15% рынка по состоянию на январь 2007 г., существенно опережая ближайшего конкурента, vxWorks, доля которого составляет 10.3%. Позиции ОС на рынке мобильных устройств также достаточно сильны и еще более укрепилась с появлением Linux-платформы фирмы Google, объявившей в апреле 2009 г. о продаже миллионного телефона со своей версией ОС. В целом, по данным компании ABI Research, к 2012 г. прогнозируется увеличение числа проданных портативных устройств, работающих под управлением GNU/Linux, до 203 млн. Наибольшее распространение ОС на данном рынке наблюдается в Азиатско-Тихоокеанском регионе, по различным причинам: как из-за богатых функциональных возможностей ОС, актуальных для японских пользователей, так и из-за ценовых преимуществ и государственной политики в случае Китая.

По данным Gartner [5], общий объем рыночных прибылей от продаж компьютерного оборудования и ПО для Linux в 2008 г. – порядка 35.7 млрд. долл. при ежегодном темпе роста в 26%. Рассматриваемая ОС занимает более прочные позиции на рынке серверов, однако рост присутствует также и на рынке настольных ПК.

В ряде стран, включая Евросоюз, выполняются государственные программы, направленные на замещение GNU/Linux и сопутствующей инфраструктурой ПО аналогичных проприетарных продуктов в госсекторе, обоснованные как экономическими преимуществами, так и простотой выполнения аудита кода на предмет выявления потенциальных уязвимостей либо нежелательных в данной сфере недокументированных возможностей. Таким образом, во всех сферах применения наблюдается и прогнозируется рост доли платформы, предлагаемой в качестве замены для обучения низкоуровневому программированию.

Перевод существующих лабораторных практикумов на новую платформу по определению сопряжен с трудностями из-за возникающих архитектурных различий. Так, лабораторные работы, связанные с использованием директив управления сегментами и функций BIOS, а также построенные на применении резидентных технологий, задействуют особенности 16-битной архитектуры Intel и разработанных для нее в 80-е годы про-

граммных продуктов компании Microsoft. На 32-битных и, тем более, 64-битных системах данные работы не могут выполняться в естественных условиях (т.н. native mode) вне зависимости от того, идет ли речь о GNU/Linux или о любой другой из современных ОС. Напротив, лабораторные работы, связанные с использованием системных вызовов ОС, могут быть расширены и развиты на несколько частей в связи с тем, что на данной платформе на это делается упор при программировании.

Пользовательская программа не имеет возможности получить полный доступ к аппаратным ресурсам компьютера, наподобие программирования на ассемблере в DOS и в ранних версиях Windows. Это связано с архитектурными отличиями ОС семейства GNU/Linux. Самым низким уровнем работы прикладной программы является обращение напрямую к ядру ОС. Именно на этом уровне и работают программы, написанные на ассемблере в Linux.

В отличие от служб DOS, доступных по прерыванию 21h, и функций BIOS прерываний 10h и 16h, широко применяемых при низкоуровневом программировании для DOS, все системные вызовы Linux доступны по прерыванию 80h. При этом их значительно меньше, чем в WinAPI, т.к. в отличие от Windows, ядро Linux не включает в себя значительные объемы кода, связанные с графическим интерфейсом пользователя, отводя эту роль сторонним программным средствам [6]. В самом ядре Linux ассемблер используется для ряда критичных участков кода, а также в значительном числе драйверов, однако большая часть ОС написана на языке C, часто уже знакомом студентам к моменту изучения ассемблера. Использование базового языка C, унаследованные традиции ОС Unix и стандарта POSIX значительно облегчают изучение системных вызовов Linux.

DOS	Linux
proc fileWrite <input type="checkbox"/> mov ah,40h <input type="checkbox"/>	fileWrite: <input type="checkbox"/> mov eax, 4 <input type="checkbox"/> mov
mov bx,[filehandle] <input type="checkbox"/> mov	ebx, [desc] <input type="checkbox"/> mov ecx, buf <input type="checkbox"/>
cl,[buffLen] <input type="checkbox"/> mov dx,offset buff <input type="checkbox"/>	mov edx, [buffLen] <input type="checkbox"/> int 80h <input type="checkbox"/>
int 21h <input type="checkbox"/> ret <input type="checkbox"/> endp fileWrite	ret <input type="checkbox"/>
...	...
call fileWrite	call fileWrite

Рис. 2 – Сравнение ассемблерного кода платформ DOS и GNU/Linux

Обучение программированию на выбранной платформе облегчает также то, что интерфейс обращения к системным вызовам Linux строго унифицирован. В системе определен один единственный порядок размещения аргументов в регистрах, обязательный для всех вызовов функций ядра. В этом отношении Linux является современным ядром ОС, ориентированным на простоту освоения и доработки и хорошо документированным (на английском языке). Сравнительный пример участка ассемблерной программы для платформ DOS и GNU/Linux приведен на рис. 2 (в обоих случаях приведена одна и та же процедура, выполняющая вывод в файл).

При выборе программного инструментария для выполнения лабораторных работ был проанализирован ряд ассемблеров, доступных на платформе Linux, включая gas, as86, NASM и FASM. Критериями выбора являлись степень документированности, качество поддержки, удобство синтаксиса и использования утилит, портируемость программного кода. Анализ показал преимущества ассемблера NASM по совокупности приведенных показателей. Это 32- и 64-битный ассемблер, созданный с расчетом на переносимость и расширяемость. Он поддерживает широкий спектр форматов объектных файлов, включая стандартные для Linux и *BSD a.out, ELF, COFF, Mach-O, 16-битные OBJ ОС Майкрософт, а также Win32 и Win64. В качестве выходного файла может быть использован простой бинарный файл. Синтаксис NASM ориентирован на традиционный

синтаксис ассемблеров фирмы Intel. NASM позволяет создавать программы на всех известных на сегодня платформах на базе архитектуры x86 и имеет хорошую поддержку макросов. Из отличий, как правило, выделяют то, что синтаксис ассемблера NASM является регистрочувствительным – директивы набираются прописными литерами, а инструкции – строчными.

Из-за своей специфики, а также по традиции, для программирования на языке ассемблера существует мало интерактивных сред программирования, но есть дополнительные модули к универсальным средам – Eclipse, NetBeans и пр., облегчающие программирование и отладку на этом языке. Традиционно, однако, в лабораторных работах по программированию на языке ассемблера используются автономный текстовый редактор и утилиты командной строки.

При выборе текстового редактора был проанализирован ряд программных продуктов и сделан выбор в пользу программы *msedit* благодаря минимальным отличиям от консольных редакторов, привычных для студентов, и возможности автоматической подсветкой синтаксиса программ.

В качестве средства визуальной отладки выбран отладчик DDD (Data Display Debugger), разрабатывавшийся длительное время различными организациями, компаниями и университетами. Он является графической оболочкой (front-end) к различным консольным отладчикам и использует их для работы. В качестве последнего был выбран отладчик GDB (Gnu DeBugger), активно применяемый при разработке программно-обеспечения в сфере встраиваемых систем и микроконтроллеров [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Assembly programming language statistics – Ohloh. <http://www.ohloh.net/languages/19>. – Доступ 28.04.2009.
2. Пирогово В.Ю. Assembler для Windows. – М.: Изд-во Молгачева, 2005. – 552 с.
3. Магда Ю.С. Использование ассемблера для оптимизации программ на C++. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 492 с.
4. Магда Ю.С. Ассемблер. Разработка и оптимизация Windows-приложений. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 544 с.
5. Brown E. Linux spending will defy recession, IDC claims. http://www.linuxfoundation.org/sites/main/files/publications/Linux_in_New_Economy.pdf. – Доступ 13.04.2009.
6. Таненбаум Э. Современные операционные системы, – СПб.: Питер, 2002. – 1040 с.
7. Debugging with DDD. 15/01/2004. <http://www.gnu.org/manual/ddd/>

УДК 004.514.62

Жук А.М.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР МОДУЛЕЙ ЯДРА СОВРЕМЕННЫХ ОС ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА ЯЗЫКЕ АССЕМБЛЕР

В настоящее время программирование на ассемблере практически повсеместно преподается на примере ОС DOS. Такой выбор платформы вызван наличием большого числа учебных пособий по ассемблеру, написанных во время популярности DOS, а также ее относительной простотой по сравнению с более современными ОС.

Вместе с тем в настоящее время программное обеспечение, написанное для DOS, применяется все реже, и практически всегда – на более современных операционных системах в режиме совместимости или эмуляции. Определить число компьютеров, использующих DOS в качестве основной ОС, представляется крайне затруднительным, но т.к. данная ОС не присутствует в статистике, собираемой среди компьютеров, подклю-

ченных к сети Интернет, можно предполагать, что доля для данного сегмента вычислительных систем составляет мене 0.01%.

Таким образом, смена платформы для изучения ассемблера актуальна. Однако она требует решения ряда проблем. Одной из таких проблем является необходимость работы с защищенным режимом процессора. Ряд ассемблерных инструкций, легко доступных программисту в однозадачной ОС и на 16-битной архитектуре, может быть выполнен на 32-битной архитектуре только в привилегированном режиме, в котором работает ядро ОС. Для практического освоения таких инструкций студенту необходимо научиться создавать подключаемые модули ядра ОС, в первую очередь – драйвера устройств.

Ядра современных операционных систем позволяют расширить свою функциональность добавлением модулей драйверов устройств во время работы. Модуль обеспечивает функциональность, которая позволит взаимодействовать ядру с новым внешним устройством.

Таким образом, для выбора современной ОС в качестве платформы преподавания языка ассемблер не последнюю роль играет сложность программирования драйверов устройств. В данной работе выполнен сравнительный анализ архитектуры драйверов двух наиболее перспективных современных ОС общего назначения: Microsoft Windows и GNU/Linux.

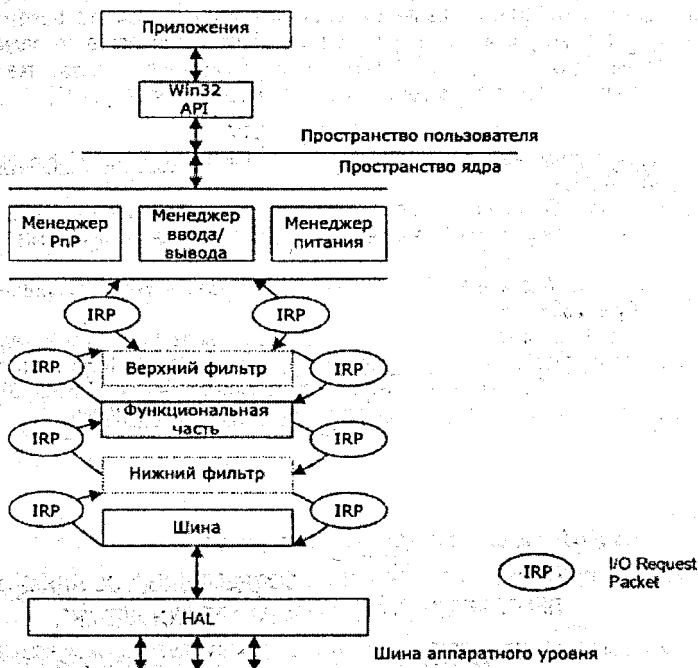


Рисунок 1 – Архитектура драйвера WDM

Существуют три класса драйверов Windows Driver Model (WDM): фильтры, функциональные части и шины. Вдобавок, драйверы WDM должны быть совместимы с технологией plug and play (PnP), поддерживать управление питанием и интерфейс Windows Management Instrumentation (WMI). Для взаимодействия модулей используются пакет запроса ввода/вывода (I/O request packet – IRP). Доступ к устройству на аппаратном уровне осуществляется через уровень абстрагирования от аппаратных средств (HAL).

Драйверы в Linux представлены модулями, которые являются кусками кода, расширяющими функциональность ядра ОС. Взаимодействие между модулями осуществляется при помощи вызовов функций. Во время загрузки модуль экспортирует все функции, которые он хочет сделать общедоступными, в символьную таблицу, поддерживаемую ядром Linux, после чего эти функции становятся видимыми другими модулями. Доступ к устройству также осуществляется через HAL, реализация которого зависит от аппаратной платформы, для которой скомпилировано ядро – например, x86 или SPARC.

Как видно на рисунках, существует определенное сходство между двумя ОС. В обеих системах драйверы являются модульными компонентами, расширяющими функциональность ядра. Взаимодействие между слоями драйверов в Windows осуществляется с использованием IRP, поддерживаемыми как аргументы стандартной системы и объявленных драйверами функций, в то время как в Linux используются вызовы функций со специальными параметрами. В Windows есть отдельные компоненты ядра, управляющие PnP, вводом/выводом и питанием.

В Linux нет четкой границы между «слоями» в модулях, это значит, что модули не делятся на шины, функциональные части и фильтры. В ядре нет четко определенных менеджеров PnP и питания, которые отправляют стандартизованные сообщения модулям в нужное время. Ядро должно иметь загружаемые модули, реализующие управление питанием или функциональность PnP, но интерфейс этих модулей с драйверами не является обязательным.

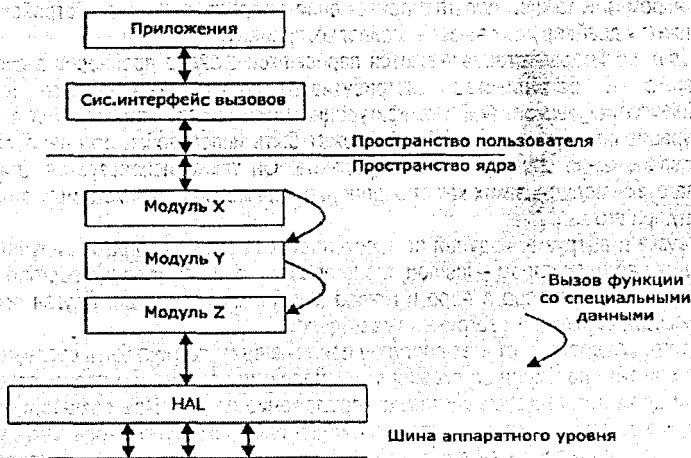


Рисунок 2 - Архитектура драйвера Linux

В обоих окружениях доступ к аппаратному уровню осуществляется через интерфейс HAL, реализованный для конкретной платформы. Также общей чертой обеих архитектур является то, что драйверы могут быть загружены в ядро во время его работы.

При установке драйверов Windows использует установочную информацию, содержащуюся в текстовом файле, называемом INF-файлом. Создатель драйвера отвечает за предоставление INF-файла для драйвера. Приложение Windows с графическим интерфейсом GetInf позволяет генерировать INF-файлы для драйверов. Ему необходимо название компании и класс устройства. В Windows есть большое количество предопределенных классов для устанавливаемых драйверов.

В INF-файле также должен быть указан ID-номер для PnP-совместимого устройства, после чего система будет использовать этот ID для идентификации устройства при его

подключении. ID аппаратного обеспечения хранится в нем самом и читается системой при подключении. После успешной установки INF-файла для нового устройства, его драйвер, имеющий специальный ID, будет загружаться каждый раз при подключении устройства к системе и выгружаться при его отключении.

Драйверы устройств в Linux также выполняют различные процедуры ввода/вывода и операции контроля устройства. Здесь нет объекта драйвера, видимого для него, вместо этого драйверы внутренне управляются ядром.

Каждый драйвер в Linux включает операции регистрации драйвера (загрузки в память) и его deregистрации (выгрузки из памяти). Создатели драйверов используют макросы ядра `module_init` и `module_exit` для указания особенных операций, которые будут назначены вместо процедур регистрации и deregистрации.

В Linux устройства именуются номерами в пределах от 0 до 4095, называемыми старшими номерами. Это подразумевает ограничение в 4095 используемых устройств, т.е. устройств, к которым может получить доступ приложение, но каждый драйвер для такого «старшего» устройства может управлять более чем миллионом дополнительных суб-устройств. Эти управляемые драйвером устройства нумеруются, используя числа, называемые младшими номерами.

Организационные процедуры в Windows были встроены в процедуру подключения в драйвер. В Linux эти организационные процедуры известны как файловые операции и представлены структурой, называемой `file_operations`. Структура, называемая `file`, создается ядром при каждой попытке приложения получить описатель устройства и перенаправляется драйверу при вызове файловых процедур.

В Linux драйверы устанавливаются пересылкой файлов драйверов в специальную директорию. В большинстве дистрибутивов модули размещаются в каталоге `/lib/modules/kernel_version`. Файл конфигурации `modules.conf` размещается в системной конфигурационной директории `/etc`. Он может быть использован для переопределения месторасположения специфического драйвера. Он также используется для описания опций загрузки модуля, таких как определение параметров, необходимых для передачи драйверу при его загрузке.

Загрузка и выгрузка модулей осуществляется набором программ, идущих в пакете утилит для работы с ядром – `insmod`, `modprobe` и `rmmod`. `Insmod` и `modprobe` загружают бинарный образ драйвера в ядро и `rmmod` выгружает его оттуда. Другая программа – `lsmod` выводит список всех загруженных модулей.

До того, как драйвер станет доступен приложениям, должна быть создана точка устройства для того драйвера со старшими и младшими номерами в папке устройств `/dev`. Для этой цели используется системное приложение `mknod`. При создании такой точки необходимо указать, каким является устройство: блочным или символьным.

В целом анализ показывает большую простоту создания драйверов и других модулей ядра для GNU/Linux благодаря изначально принятым архитектурным решениям.

В случае Windows написание драйверов устройств традиционно считается сложной темой и часто не входит в учебные пособия по программированию, однако рассмотрено в специализированной литературе, в т.ч. переведенной на русский язык. В качестве языка написания драйверов в них предлагается использовать Си.

Также существуют электронные пособия, как краткие, так и более полные, иллюстрирующие процесс написания модулей ядра Linux на С и принципиально применимые для ассемблерных программ. Однако на сегодняшний день они являются исключительно англоязычными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пирогов В.Ю. Assembler для Windows. М.: Изд-во Молгачева, 2005. – 552 с.
2. J. Pranevich. The Wonderful World of Linux 2.6. <http://kniggit.net/wwol26.html> 01.09.2003.

3. Марда Ю.С. Ассемблер. Разработка и оптимизация Windows-приложений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 544 с.

4. R. Hyde. Writing Linux Device Drivers in Assembly Language http://webster.cs.ucr.edu/Page_Linux/1_LDD.pdf 10.11.2002. 116 p.

5. M. Tsegaye, R. Foss. A Comparison of the Linux and Windows Device Driver Architectures. <http://www.cs.ru.ac.za/research/q98t4414/static/papers/oscomposr.pdf> May 7, 2009. 26 p.

УДК 62-529

Иванюк Д.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРОВ В АСУТП

В современных условиях управление производством становится все сложнее, требования к эффективности более высокими. Один из путей улучшения может заключаться за счет совершенствования применяемых на уровне АСУТП подходов к управлению – применению последних разработок в данной области, одной из которых является нейрорегулирование.

1. Общие сведения о нейрорегулировании

Нейрорегулирование – относительно молодое направление научных исследований, которое стало самостоятельным в 1988 г. Однако исследования в этой области начались гораздо раньше. Одно из определений науки «кибернетика» рассматривает ее как общую теорию управления и взаимодействия не только машин, но и биологических существ. Нейрорегулирование пытается реализовать данное положение через построения систем управления (систем принятия решений), которые могут обучаться во время функционирования и, таким образом, улучшать свою эффективность работы. При этом такие системы используют параллельные механизмы обработки информации, подобно мозгу живых организмов [1].

Долгое время была популярна идея построения совершенной системы управления – универсального контроллера, который извне выглядел бы как «черный ящик». Он мог бы использоваться для управления любыми системами, имея связи с датчиками, исполнительными механизмами, другими контроллерами и специальную связь с «модулем эффективности» – системой, которая определяет эффективность управления исходя из заданных критериев. Пользователь такой системы управления задавал бы только желаемый результат, далее обученный контроллер управлял бы самостоятельно, возможно придерживаясь сложной стратегии достижения в будущем желаемого результата. Также он бы все время корректировал свое управление исходя из реакции объекта управления для достижения максимальной эффективности. Общая схема такой системы приведена на рис. 1.

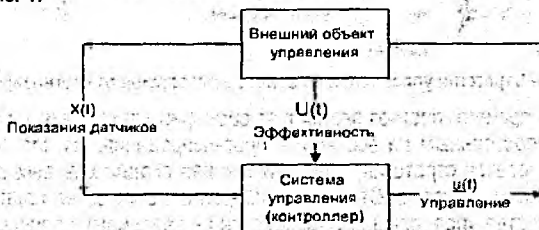


Рис 1 – Система с подкрепляющим обучением

ПИ- и ПИД-контроллеры были одними из первых систем управления [2]. Далее более подробно рассматриваются такие системы.

2. Применение ПИ- и ПИД-контроллеров

ПИ- и ПИД-контроллеры доказали свою эффективность в управлении разнообразными процессами. Их использование не требует знания точной модели процесса, поэтому они эффективны в управлении промышленными и технологическими процессами, математические модели которых достаточно сложно определить. ПИ- и ПИД-контроллеры строятся на основе классической теории управления и просты для понимания и реализации.

Установление связей между параметрами и управление действиями системы может осуществляться инженерами-практиками и операторами.

Кроме того, за последние десятилетия разработано несколько методов настройки ПИ- и ПИД-контроллеров.

Однако наряду с вышеуказанными достоинствами, ПИ- и ПИД-контроллеры имеют и ряд недостатков. Так, если рабочая точка процесса изменяется из-за возмущений, параметры контроллера требуется перенастраивать вручную, чтобы получить новую оптимальную настройку. Настройка должна осуществляться опытным оператором. Для систем с взаимодействующими контурами эта процедура может быть сложной и занимать много времени. Кроме того, для процессов с переменными параметрами, временными задержками, существенными нелинейностями и значительными помехами использование ПИ- и ПИД-контроллеров может не обеспечить оптимальных характеристик.

Методы настройки ПИ- и ПИД-контроллеров также имеют ряд недостатков.

Одна из идей повышения эффективности ПИ- и ПИД-контроллеров заключается в управлении с самонастройкой, в котором параметры контроллера настраивались бы в оперативном режиме.

Другой современной разработкой в области адаптивного управления является управление на основе долгосрочного прогнозирования. Принцип этого метода показан на рис. 2.

Стратегия метода состоит в том, что в каждый конкретный момент времени t делается прогноз выхода процесса на длительный временной горизонт. Этот прогноз, основанный на математической модели процесса, делается явно или подразумевается в алгоритме управления.

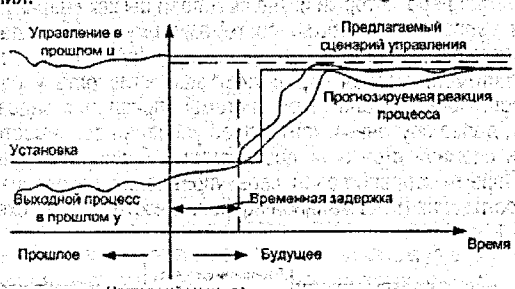


Рис. 2 — Стратегия управления на основе долгосрочного прогнозирования

Кроме всего прочего, прогноз зависит от сценария управления в будущем, которое предполагается постоянным на все время прогнозирования. Из нескольких сценариев управления выбирается стратегия, обеспечивающая сходимость выходного процесса к установке наилучшим образом. Стратегия, выбранная в качестве наилучшей, применяется затем в качестве управляющего воздействия к реальному процессу, однако только на заданное время. В следующий момент дискретного времени вся процедура повторяется, в результате чего обеспечивается уточненное управляющее действие. Такая стратегия известна под названием стратегии управления по удаляющемуся горизонту.

3. Применение нейроконтроллеров

Адаптивное управление, рассмотренное выше, предполагает наличие математической модели объекта управления. Получение данной модели в общем случае – относительно сложная задача. Кроме того, при каких-то изменениях в объекте управления или во внешних условиях необходимо вносить корректировки в данную модель, что также является трудоемкой задачей.

Для того чтобы алгоритмы управления могли применяться на практике, они должны быть достаточно простыми, обладать способностью к обучению, гибкостью, устойчивостью, нелинейностью. Таким образом, нейронные сети из-за своей способности обучаться на основе соотношения «вход-выход», нелинейными обобщающими способностями пригодны для решения задач управления, которые принципиально связаны с нелинейными характеристиками.

В настоящее время существует большое количество подходов к нейронному управлению. Согласно [2] можно выделить следующие, из которых более подробно рассмотрим наиболее перспективные и эффективные:

- Последовательная схема управления. Нейронная сеть непосредственно обучается отображению желаемых (опорных) сигналов в управляющие воздействия, необходимые для получения таких сигналов.

- Параллельная схема управления. Нейронная схема используется для компенсации управляющего воздействия, задаваемого обычным контроллером. Компенсация производится таким образом, чтобы выходной сигнал объекта управления поддерживался как можно ближе к желаемому.

- Схема управления с самонастройкой. Нейронная сеть настраивает параметры управления, задающие работу обычного контроллера таким образом, чтобы выходной сигнал объекта управления поддерживался как можно ближе к желаемому.

- Схема управления с эмулятором и контроллером (схема обратного распространения во времени). Максимизируется некоторая мера полезности или эффективности во времени.

- Адаптивно-критическая схема. Она приближена к динамическому программированию, т.е. реализации оптимального управления во времени в условиях шумов.

Схема обратного распространения во времени

«Обратное распространение во времени» – одна из важных архитектур нейронного управления, использующая алгоритм обратного распространения ошибки. В этой схеме для управления объектом используется две нейронные сети, как показано на рис. 3.

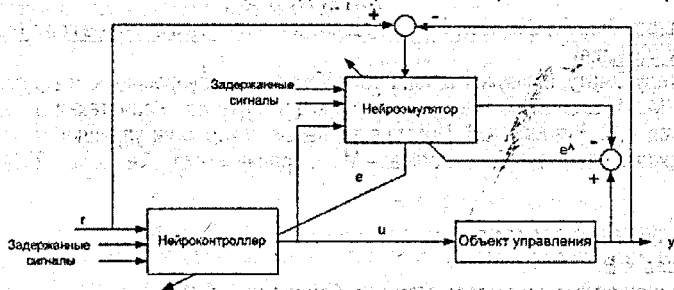


Рис. 3 – Схема нейронного обучения с эмулятором и контроллером

Первая сеть используется как эмулятор, вторая – как контроллер. Сеть эмулятор может обучаться автономно, с использованием архитектуры обобщенного управления, или даже непосредственно, путем ввода случайных входных сигналов для обучения динамике объекта управления.

ПИД-нейроконтроллер с самонастройкой

Общая схема нейронного управления с самонастройкой приведена на рис. 4. Нейронная сеть используется для настройки параметров обычного контроллера подобно настройке, выполняемой человеком-оператором.

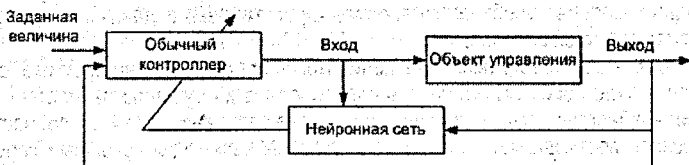


Рис. 4 – Схема нейронного обучения с самонастройкой

Так как ПИД-контроллеры имеют давнюю историю применения в управлении промышленными объектами и зарекомендовали себя как надежные, простые и устойчивые средства для многих процессов может применяться следующая схема, приведенная на рис. 5.

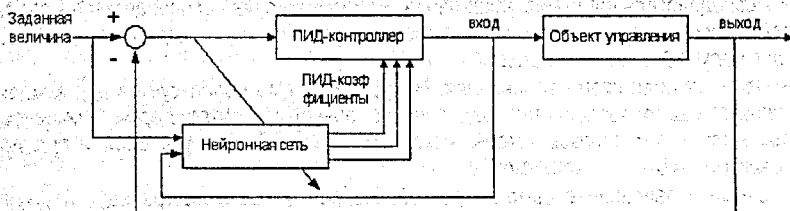


Рис. 5 – ПИД-нейроконтроллер с самонастройкой

Нейронная сеть здесь используется вместо человека-оператора так, что обеспечивается минимизация ошибки путем настройки ПИД-коэффициентов [3].

Заключение. Таким образом, дальнейшая работа, необходимая для внедрения нейроконтроллеров в реальном производстве, заключается в адаптации программного модуля, реализующего многослойную нейронную сеть, для используемых контроллеров (ICPCON серии 718х). Далее необходимо исследовать практическую эффективность такой системы управления относительно применяемых подходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Neurocontrol: An Overview for the Practitioner. – http://www.werbos.com/Neural/Neuro-controllers_1999.htm.
2. Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф. Нейроуправление и его приложения. Книга 2. – М.: Издательское предприятие редакции журнала «Радиотехника», 2000.
3. Усов А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2004.

УДК 528.9:004:551.5:624.131.3

Дмитриева А.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Дереченник С.С.

ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ГРИДИНГА С ПОКООРДИНАТНОЙ АППРОКСИМАЦИЕЙ ДЛЯ РАЙОНИРОВАНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

При составлении метеорологических карт часто необходимо выполнять районирование, заключающееся в определении границ территориальных районов таким образом,

чтобы отклонение значения метеорологического параметра в любой точке района от значения (нормы), назначенного для района в целом, находилось в установленных пределах (например, не превышало его). Исходными данными служат значения снеговых нагрузок в отдельных точках (метеостанциях). Картографирование основывается на т.н. гридинге – расчете значений параметра в промежуточных точках с последующим построением поля в виде поверхности в некотором трехмерном пространстве с зависимой координатой z , соответствующей значению параметра, и независимыми координатами x и y – географическими координатами местности, преобразованными к прямоугольной системе.

Классические методы гридинга с построением карт в изолиниях, в условиях Беларуси, зачастую приводят к большому количеству сгенерированных замкнутых контуров, дроблению и сложному очертанию границ районов, что, в итоге, затрудняет их систематизацию [1]. Поэтому для получения практически полезных карт районирования необходимо выполнять сглаживание имеющихся значений расчетных параметров и границ районов. С другой стороны, при районировании по сглаженным данным могут иметь место случаи, когда значение параметра для отдельной метеостанции: а) превышает установленное районное значение, б) находится в пределах районного значения, в) меньше установленного районного значения. Случай «а» соответствует картам, не обеспечивающим необходимый запас надежности проектируемых зданий и сооружений, в случае «в» – этот запас оказывается необоснованно завышенным.

Нами предложен новый алгоритм гридинга, пригодный для аппроксимации прогнозных значений метеорологических параметров. Аппроксимация выполняется поочередно по каждой из двух географических координат, с итерационным уменьшением шага сетки (увеличением разрешения). Сущность алгоритма иллюстрируется на примере анализа и районирования снеговых нагрузок (веса снегового покрова) для территории РБ.

Для определения характеристических (прогнозных) значений применяют обычно способ, основанный на построении статистического ряда годовых максимумов снеговых нагрузок. Ряд выравнивают по одному из распространенных теоретических законов (чаще всего – распределению Гумбеля, логнормальному и нормальному распределениям), используя один из известных параметрических критериев согласия (например, Пирсона или Колмогорова). Затем, согласно найденному теоретическому распределению, рассчитывают вес снегового покрова, соответствующий заданным значениям обеспеченности прогноза и периода повторяемости. Нами, однако, показано, что надежность таких критериев вызывает серьезные сомнения [2, 3].

В настоящем исследовании использованы экспериментальные данные за период наблюдений с 1945 по 2006 год по 35 метеостанциям Беларуси. Характеристические (прогнозные для периода повторяемости 50 лет) значения снеговых нагрузок S_k для каждой станции найдены по методике, основанной на статистиках экстремальных событий и заключающейся в анализе хвостовой части эмпирического распределения [1].

Аппроксимацию значений нагрузки для произвольной точки местности предлагается выполнять в виде $S(x, y) = T(x, y) + R(x, y)$, где $T(x, y)$ – функция тренда, $R(x, y)$ – функция отклонения (отскока), вносимого локальными особенностями. Функцию тренда находят методом наименьших квадратов в виде некоторой простой поверхности, в данном случае – второго порядка: $T(x, y) = ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f$.

Переход от географических координат к прямоугольным производился по одной из распространенных моделей Земли – эллипсоиду Красовского. За осевой принимался меридиан 30° , затем выполнялось смещение координат, так что крайняя западная метеостанция (Высокое) имела координату $x = 0$, а крайняя южная (Пинск) – $y = 0$. В результате расчета получены следующие коэффициенты функции тренда: $a = 2.29 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{км}^{-2}$,

$b = 4.83 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{км}^{-2}$, $c = -2.75 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{км}^{-2}$, $d = -0.51 \text{ Па} \cdot \text{км}^{-1}$, $e = 1.37 \text{ Па} \cdot \text{км}^{-1}$, $f = 1280 \text{ Па}$. Поверхность, представленная на рисунке 1, иллюстрирует общую тенденцию возрастания снеговой нагрузки в Беларуси в направлениях с запада на восток и с юга на север.

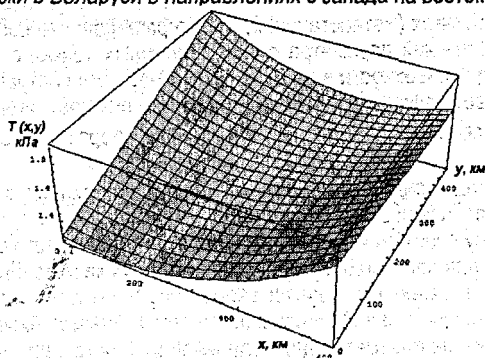


Рисунок 1 – Трендовая поверхность характеристических значений снеговой нагрузки

На втором этапе исходными данными являются отклонения прогнозного значения от тренда в заданных точках: $R_k = T(x, y) - S_k$. Аппроксимацию функции отскока $R(x, y)$ предлагается выполнять поочередно по каждой из координат, фиксируя вторую координату в некотором узком диапазоне значений (анализируемая территория фактически делится на горизонтальные и вертикальные полосы определенной ширины). Всем точкам с известными значениями параметра, попадающим в полосу, придается одинаковое значение одной из координат (y – для вертикальной полосы, x – для горизонтальной). Таким образом, в пределах полосы необходима аппроксимация только по одной координате, поэтому может выбираться аппроксимирующая функция высокой сложности (порядка). Ширина полос на каждом шаге итерации уменьшается (например, вдвое); вплоть до достижения необходимого разрешения искомого поля параметра. Для каждой новой полосы набор исходных значений $R_k = T(x, y) - S_k$ дополняется «виртуальными» отсчетами, которые соответствуют значениям, найденным в предыдущей аппроксимации для области пересечений данной полосы с соответствующими ортогональными полосами. Для аппроксимирующих полиномов третьей степени и выше алгоритм обеспечивает итерационную сходимость результата, как по отдельным координатам, так и в целом для функции $R(x, y)$, что иллюстрируется зависимостью, представленной на рисунке 2.

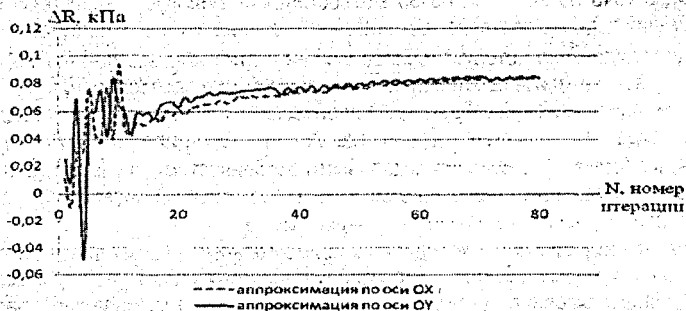


Рисунок 2 – Изменение отклонения $\Delta R = R - R_k$ при пошаговой аппроксимации прогнозных значений снеговой нагрузки (полиномы 5-й степени, метеостанция Минск)

С использованием найденных функций выполнено районирование снеговой нагрузки с шагом параметра 0,2 кПа. Карта районирования по функции тренда $T(x, y)$, приведенная на рисунке 3, представляется весьма упрощенной, при этом исходные значения параметра для ряда метеостанций существенно отличаются как от трендовой функции, так и от районных значений. Наибольшие отклонения $S_i - T$ отмечены для метеостанций:

- отрицательные: Лида (-0,30 кПа), Лепель (-0,22 кПа), Брест (-0,21 кПа);
- положительные: Новогрудок (0,52 кПа), Орша (0,34 кПа), Лынтупы (0,33 кПа), Высокое (0,21 кПа).

На рисунке 4 представлена карта районирования, полученная по суммарной функции $S(x, y) = T(x, y) + R(x, y)$. Результат в целом согласуется с конфигурацией районов, полученной другими методами [1], а также с аналогичными картами смежных территорий Украины, Польши и Литвы.

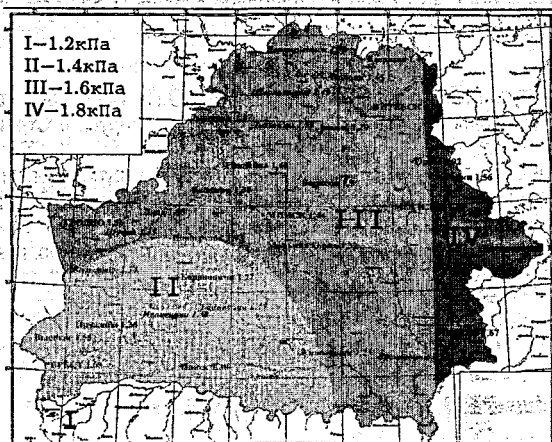


Рисунок 3 – Карта районирования характеристических значений снеговой нагрузки по функции тренда (период повторяемости 50 лет)

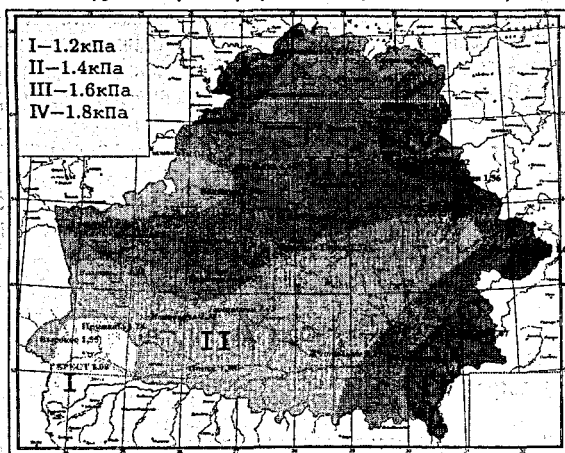


Рисунок 4 – Карта районирования характеристических значений снеговой нагрузки (период повторяемости 50 лет)

Отклонение $s_x - s$ исходных прогнозных значений снеговой нагрузки от суммарной функции практически незначительно (не превышает $\pm 0,1$ кПа, за исключением станций с высотой местности более 280 м, где рекомендуется индивидуальное прогнозирование снеговой нагрузки [1]), но по-прежнему заметно их отклонение от районных значений. Так, для указанных выше метеостанций:

- исходные отсчеты ниже районных значений в Лиде ($-0,21$ кПа), Лепеле ($-0,17$ кПа), Бресте ($-0,08$ кПа);

- исходные значения превышают районные в Новогрудке ($0,50$ кПа), Орше ($0,18$ кПа), Лынтупах ($0,17$ кПа), Высоком ($0,18$ кПа).

Таким образом, новый алгоритм гридинга обеспечивает корректную аппроксимацию функции метеорологических данных. Требуется, однако, уточнение методики собственно районирования. Например, возможно объединение в районы с учетом соблюдения заданной обеспеченности прогнозируемых нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тур В.В., Валуев В.Е., Дереченник С.С., Мешик О.П., Воскобойников И.С. Нормирование снеговых нагрузок для территории Республики Беларусь // Строительная наука и техника (Минск). – 2008. – № 2. – С. 27-45.

2. Дмитриева А.В. Критерий согласия Пирсона и методы группирования данных: сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов. – Брест, 2007. – Ч.1. – С. 82-85.

3. Дмитриева А.В. Проблемы оптимизации группирования данных при проверке статистических гипотез: сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов. – Брест, 2007. – Ч.1. – С. 93-96.

УДК 519.3

Чернован А.В.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATHCAD

Разработка нормативного документа, позволяющего выполнять расчеты строительных конструкций на ветровые воздействия с учетом методики, изложенной в Европейских нормах [3], является актуальной задачей [1]. Ее решение предполагает получение численных значений базового скоростного напора ветра для всей территории Республики Беларусь.

В настоящее время метеорологические наблюдения по полной программе проводятся на 50 пунктах наблюдений и сокращенные метеорологические наблюдения на 77 метеорологических постах РБ. Для получения базовых значений скоростного напора ветра для климатических условий Республики Беларусь необходимо выполнить обработку следующих данных метеорологических измерений:

- максимальных месячных (годовых) значений скорости ветра с 10-минутным осреднением;

- значений максимальных порывов ветра, соответствующих максимальным средним значениям скорости;

- направления ветра (в градусах), соответствующего максимальным средним значениям скорости;

- значений основных параметров однородного микрометеорологического ряда для вычисления поправочных коэффициентов по высоте установки ветроприемников, времени осреднения измерений, шероховатостью поверхности окружающей местности и т.д.

Выполненные исследования показали, что для определения базовых параметров ветра необходимо использовать методы статистического оценивания [10]. С целью алгоритмизации определения основного значения базовой скорости ветра $v_{b,0}$, коэффициента C_{dir} , учитывающего направление ветра и конструкционного коэффициента $C_s \cdot C_d$ были разработаны следующие программы в математическом пакете **MathCAD**.

Программа «Расчет скорости» осуществляет вычисление основного значения базовой скорости ветра [1, 3], необходимого для получения ветровой нагрузки, действующей на конструкцию или конструктивный элемент. Окно программы (рис. 1), открывающееся при ее запуске, содержит три пункта, при верном выполнении которых пользователь получает графическое и численное решение данной статистической задачи.

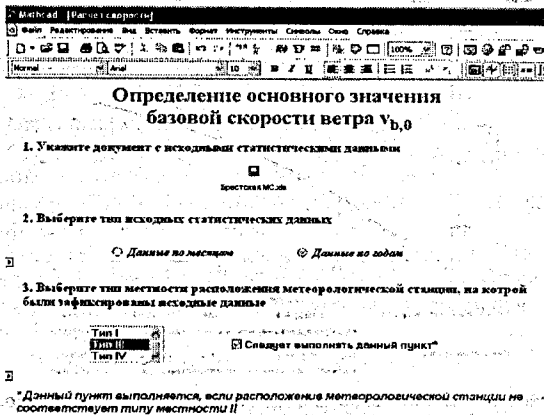


Рисунок 1 – Интерфейс программы «Расчет скорости»

Первый пункт программы предполагает выбор документа определенной структуры с исходными статистическими данными, созданного при помощи электронных таблиц **Microsoft Excel**.

Второй пункт предназначен для определения типа исходных статистических данных – по месяцам или по годам. В первом случае для определения основного значения базовой скорости ветра $v_{b,0}$ будут использованы максимальные месячные значения скоростей ветра с 10-минутным осреднением с учетом определенного уровня квантования. В случае выбора пользователем типа данных по годам, в качестве исходных статистических показателей будут использованы максимальные годовые значения скоростей ветра с 10-минутным осреднением, выбранные из 12 месячных значений, соответствующих каждому году.

В третьем пункте программы пользователю следует указать тип местности расположения метеорологической станции, на которой были зафиксированы используемые для расчетов статистические данные [3]. В случае, если расположение станции соответствует базовому типу местности II, данный пункт не будет выполняться, для чего необходимо снять флажок *Следует выполнять данный пункт*.

После выполнения данных трех пунктов строится график зависимости скорости ветра с учетом псевдошумового квантования $shum$ [8], логарифмический тренд $y(x) = a \cdot \ln(x) + b$ и линейный тренд $yI(x) = b + a \cdot x$ (рис. 2). Аргументом для данных трех функций является величина $x = -\ln(-\ln(F))$, где F – функции распределения, равная

$$F = \frac{R}{N+1}$$

здесь R – порядковый номер текущего элемента выборки;
 N – общее число элементов выборки.

Кроме графического отображения функций программа позволяет получить численные значения коэффициентов a и b и величины достоверности аппроксимации (коэффициенты детерминации) R^2 для линий тренда, а также величину основного значения базовой скорости ветра $skorost$ для периода повторяемости 50 лет.

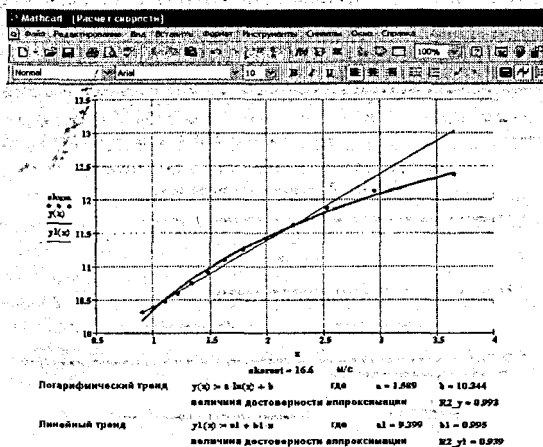


Рисунок 2 – Результаты вычислений в программе «Расчет скорости»

Программа «Расчет коэффициента направления» позволяет вычислять коэффициент C_{dir} , учитывающий направление ветра, который необходим при расчете базового значения скорости ветра v_b [1, 3].

Первый и третий пункты данной программы аналогичны уже рассмотренным в программе «Расчет скорости» и требуют указания документа с исходными статистическими данными и типа местности расположения метеорологической станции, на которой были получены используемые для расчетов данные.

Второй пункт программы предполагает выбор сектора, для максимальных месячных значений скорости которого будут вычислены величины основного значения базовой скорости ветра $skorost$ и коэффициента направления $koff$, а также построены логарифмический и линейный тренды и график зависимости скорости ветра с учетом псевдошумового квантования. Так же как в случае программы «Расчет скорости», данная программа позволяет получить значения коэффициентов a и b и величин достоверности аппроксимации R^2 линий тренда, необходимых для прогнозирования значений скоростей ветра для выбранного сектора.

Программа «Расчет конструкционного коэффициента» выполняет вычисление конструкционного коэффициента $C_s \cdot C_d$ [1, 3], позволяющего при квазистатическом подходе определения ветровой нагрузки учитывать эффект турбулентности.

В первом пункте программы «Расчет конструкционного коэффициента» пользователю необходимо указать величину основного значения базовой скорости ветра v_b . Если основное значение базовой скорости ветра не было предварительно определено, можно воспользоваться установленной гиперссылкой и перейти в строку программы «Расчет скорости», содержащую значение скорости ветра.

Во втором пункте программы необходимо выбрать геометрические параметры поверхности рассчитываемого на ветровую нагрузку здания: ширину (изменяется в пределах от 0 до 100 м) и высоту (изменяется в пределах от 0 до 200 м).

В третьем пункте следует указать тип местности расположения высотного здания [3] (основное значение базовой скорости ветра $V_{b,0}$ соответствует типу местности II).

Четвертый пункт программы предполагает выбор пользователем материала несущих конструкций рассчитываемого здания (стальной или железобетонный каркасы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Высотные здания. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.02-108-2008 (02250) – Введ. 12.06.08. – Мн.: Минстройархитект РБ, 2008. – 85 с.

2. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.87. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.

3. Actions on structures – General actions – Part 1-4: Wind actions: Eurocode 1. – B-1050 Brussels: CEN, 2004.

4. Книжка для записи метеорологических наблюдений КМ-1 / Мин-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь; ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» – Станция Брестоблгидромет, 1970-2007.

5. Савицкий, Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г.А. Савицкий. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. – 112 с.

6. Симиу, Э. Воздействие ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан; пер. с англ. Б.Е. Маслова, А.В. Швецов / Под ред. Б.Е. Маслова. – М.: Стройиздат, 1984. – 360 с.

7. Райзер, В.Д. Теория надежности в строительном проектировании / В.Д. Райзер. – М.: АСВ, 1998. – 304 с.

8. Прэтт, У. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – 480 с.

9. Żurański, J.A. Wpływ warunków klimatycznych i terenowych na obciążenie wiatrem konstrukcji budowlanych / J.A. Żurański. – Warszawa: Wydawnictwa Instytutu Techniki Budowlanej, 2005.

10. Черноиван, А.В. Определение базовых параметров ветра для климатических условий г. Бреста / А.В. Черноиван // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XV междунар. науч.-метод. семинара: в 2-х т. / под общ. ред. Д.Н. Лазовского, А.А. Хотько. – Новолоск: ПГУ, 2008. – Т. 1. – С. 254-261.

11. Кирьянов, Д.В. Самоучитель Mathcad 11 / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 560 с.

12. Макаров, Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad / Е.Г. Макаров. – СПб.: Питер, 2004. – 448 с.

УДК 674.81

Черноиван А.В.

Научные руководители: к.т.н., профессор Жук В.В., к.т.н., доцент Черноиван Н.В.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТОПИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Введение. За последние 5...8 лет практически все вновь возводимые и реконструируемые здания имеют скатные крыши, уклоны которых принимаются от 2 до 60°. Одним из основных критериев при выборе уклона кровли являются климатические условия местности. При этом, чем выше расчетная снеговая нагрузка, тем больше принимаемый уклон скатов.

Согласно [2] расчет стропильной системы необходимо выполнять на следующие сочетания нагрузок:

- 1) собственный вес и снеговая нагрузка;
- 2) собственный вес, снеговая и ветровая нагрузки ($\psi_2 = 0,9$).

На практике расчет несущих элементов стропильной системы скатной крыши выполняется, как правило, только на первое сочетание нагрузок. Данный подход объясняется тем, что ветровая нагрузка на небольших высотах над поверхностью земли значительно меньше снеговой и, очевидно, не оказывает существенного влияния.

Анализ публикаций по данной тематике показал, что исследования по оценке влияния ветровой нагрузки на напряженное состояние несущих элементов стропильной системы отсутствуют.

Учитывая, что в настоящее время ведется массовое возведение мансардных этажей в реконструируемых и вновь возводимых многоэтажных зданиях, проблема оценки влияния ветровой нагрузки на напряженное состояние несущих элементов стропильной системы приобретает актуальность.

ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОПИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СКАТНОЙ КРЫШИ

Для наглядности предлагаемую методику расчета проиллюстрируем на примере расчета наслонных стропил.

Наслонные стропила при правильном их конструировании и устройстве являются безраспорной конструкцией. Нагрузка на стропильную ногу собирается с грузовой площади, ширина которой равна шагу расстановки стропил. Наибольший изгибающий момент при свободном опирании стропильной ноги на двух опорах вычисляется по формуле:

$$M_d = \frac{F_d \cdot l_d^2}{8}, \quad (1)$$

где F_d – суммарная нагрузка на 1 пог. м горизонтальной проекции стропильной ноги;
 l_d – пролет стропильной ноги в горизонтальной проекции.

Если стропильная нога имеет дополнительную опору в виде прогона или подкоса, то в этом случае она рассчитывается как двухпролетная неразрезная балка. Изгибающий момент в сечении над средней опорой определяется по выражению:

$$M_d = \frac{F_d \cdot (l_1^2 + l_2^2)}{8(l_1 + l_2)}, \quad (2)$$

где l_1 и l_2 – расстояния по горизонтали от крайних опор до средней опоры стропильной ноги.

Учет снеговой нагрузки. Полное нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия s определяется по формуле:

$$s = S_0 \cdot \mu, \quad (3)$$

где S_0 – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли;

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие.

Значение коэффициента μ определяется линейной интерполяцией и составляет $\mu = 1$ при $\alpha \leq 25^\circ$; $\mu = 0$ при $\alpha \geq 60^\circ$ (Приложение 3 [2]).

Учет ветровой нагрузки. Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m на высоте z над поверхностью земли вычисляется по формуле:

$$w_m = w_0 \cdot k \cdot c, \quad (4)$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления;

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте [2, п.6.5];
 c – аэродинамический коэффициент [2, п. 6.6].

Для упрощения определения коэффициента k для типа местности B , который соответствует городским территориям, равномерно покрытым препятствиями, высотой более 10 м, его значения принимаются по графику, приведенному на рис. 1. Пунктиром показаны отметки конька крыши при различных ее уклонах.

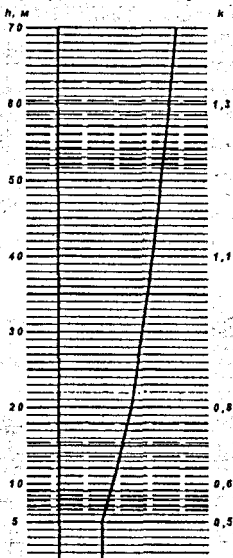


Рисунок 1 – К определению коэффициента k

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТРОПИЛ

Оценка влияния ветровой нагрузки выполнялась на примере двускатных наслонных стропил для двух типов кровли:

- **тип 1** – материал кровли: металлочерепица; постоянная нагрузка на 1 пог. м горизонтальной проекции стропильной ноги составляет **0,747 кН/м**;
- **тип 2** – материал кровли: керамическая черепица; постоянная нагрузка на 1 пог. м горизонтальной проекции стропильной ноги составляет **2,32 кН/м**.

Расчет выполнялся для двух вариантов значений нормативной нагрузки для отметок низа стропильной системы 5 м и 50 м:

- **вариант 1** – снеговая нагрузка $s_0 = 0,80$ кПа (район IБ), ветровая нагрузка $w_0 = 0,23$ кПа (район I);
- **вариант 2** – снеговая нагрузка $s_0 = 1,20$ кПа (район IIБ), ветровая нагрузка $w_0 = 0,23$ кПа (район I) [3].

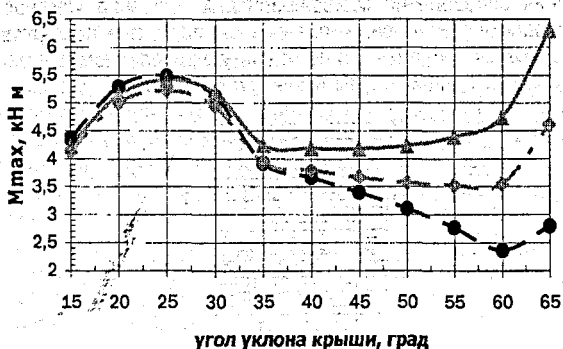
Расчет несущей способности стропильной ноги был выполнен в проектно-вычислительном комплексе **SCAD**.

Результаты расчета приведены в виде графиков на рисунке 2.

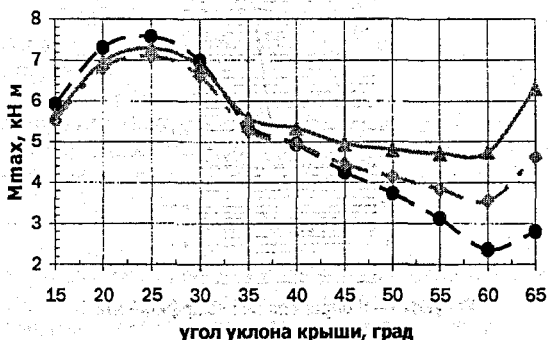
Закключение

1. Расчет стропильных ног для IБ снеговой района ($s_0 = 0,80$ кПа) и I ветрового района ($w_0 = 0,23$ кПа) для малозатяжных зданий при уклоне крыши более $\alpha \geq 35^\circ$ и для высотных

зданий при угле крыши более $\alpha \geq 30^\circ$ рекомендуется выполнять на второе расчетное сочетание нагрузок – постоянная нагрузка + ψ_2 (снеговая нагрузка + ветровая нагрузка).



а)



б)

Условные обозначения:
 - - ● - - - - - первое сочетание (5 м и 50 м)
 - - ◊ - - - - - второе сочетание (5 м)
 - - ▲ - - - - - второе сочетание (50 м)

а – вариант 1; б – вариант 2

Рисунок 2 – Графики зависимости M_{max} от угла уклона крыши для кровли типа 1

2. Расчет стропильных ног для IБ снеговой района ($s_0 = 1,20 \text{ кПа}$) и I ветрового района ($w_0 = 0,23 \text{ кПа}$) для малоэтажных зданий при угле крыши более $\alpha \geq 40^\circ$ и для высотных зданий при угле крыши более $\alpha \geq 35^\circ$ рекомендуется выполнять на второе сочетание нагрузок – постоянная нагрузка + ψ_2 (снеговая нагрузка + ветровая нагрузка).

При значениях уклона кровли, не превышающих полученные величины, расчет стропильных ног рекомендуется выполнять на первое расчетное сочетание нагрузок.

3. Установлено, что материал кровельного покрытия (собственный вес кровли) практически не влияет на полученные граничные значения угла уклона крыши.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деревянные конструкции: СНБ 5.05.01-2000. – Введ. 04.10.2000. – Мн.: РУП «Минсктипроект», 2001. – 72 с.

2. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.87. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.

3. Изменение № 1 к СНиП 2.01.07-85. «Нагрузки и воздействия». – Введ. 01.07.04.
4. Шишкин, В.Е. Примеры расчета конструкций из дерева и пластмасс: учебное пособие для техникумов / В.Е. Шишкин / – М.: Стройиздат, 1974. – 219 с.
5. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.
6. Бойтемиров, Ф.А. Расчет конструкций из дерева и пластмасс: учебное пособие для студ. вузов / Ф.А. Бойтемиров, В.М. Головака, Э.М. Улицкая; под ред. Ф.А. Бойтемирова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 160 с.
7. Конструкции из дерева и пластмасс: учеб. для техн. вузов / Д.К. Арленинов [и др.]; под общ. ред. Д.К. Арленинова. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 280 с.
8. Белевич, В.Б. Кровельные работы: учеб. для проф. учеб. заведений / В.Б. Белевич / – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 2000. – 400 с.
9. Карпиловский, В.С. SCAD OFFICE: Статический расчет / В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко. – М.: АСВ, 2006. – 486 с.

УДК 693.22.004.18

Дакало Ю.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Григорьев В.Ф.

РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ С ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫМИ РАЗМЕРАМИ

Одним из способов сокращения сроков конструирования и улучшения качества выпускаемых машин является применение расчётных принципов определения качественных показателей изделий. Эти показатели в значительной мере зависят от выбора характера сопряжения, допусков размеров, формы и расположения поверхностей или элементов деталей. Поэтому важной задачей при проектировании изделий является установление связей между геометрическими параметрами деталей машины и её служебным назначением, а также выбор норм точности этих параметров.

В основе размерной обработки конструкции лежит анализ размерных связей: вначале между деталями изделия, а затем внутри каждой детали. Выявление конструкторских размерных цепей является достаточно сложной и трудоёмкой задачей, решаемой в ходе технологической подготовки производства. Применение методики размерного анализа упрощает процесс выявления размерных цепей. Выявление размерных цепей может проводиться либо по отдельности для каждого размера, либо сразу для всех размеров в определённом координатном направлении на основе графа размерных связей.

Граф определяется парой множеств: множеством вершин, соответствующих анализируемым объектам и множеством пар вершин (рёбер), соответствующих взаимосвязям между объектами. Для графа размерных связей под объектами подразумеваются конструктивные элементы детали, под рёбрами – размеры объектов, размеры и допуски, определяющие взаимное расположение объектов, текстовые технические требования, косвенно заданные размеры.

В основе метода графов лежит схема замещения изделия структурированным множеством поверхностей изделия. С этой целью изделие следует рассматривать как конструкцию, представляющую собой совокупность сборочных единиц и деталей, обезличенных по своему функциональному назначению, где каждая деталь - это подмножество поверхностей.

В качестве схемы замещения изделия воспользуемся графом иерархической структуры [1]. Использование множества поверхностей в качестве конечного элемента изделия позволяет рассматривать последнее в виде графа. Для этого надо построить три графа: граф сборочных единиц и деталей изделия, граф деталей изделия и граф поверхностей изделия.

При анализе линейно-угловых размерных цепей, если большинство размеров задано в линейном виде, целесообразно рассматривать размерные связи в двух координатных направлениях. При этом угловые размеры выражаются через линейные с помощью тригонометрических функций.

Рассмотрим данную методику на примере механизма открывания дверцы духовки газовых плит, для которого была установлена нестабильность угла открывания α (рис. 1). Поскольку большинство размеров деталей задано в линейном виде, размерный анализ будем производить в двух координатных направлениях.

Построение графа поверхностей изделия начинается с построения графа изделия как совокупности сборочных единиц и деталей. Для этого проводится анализ сборочного чертежа изделия, в результате которого устанавливаются связи между сборочными единицами и деталями и определяются, какие из них являются базирующими для других.

Граф строится следующим образом. На первом уровне располагается базовая деталь изделия. На втором уровне располагаются детали и сборочные единицы, устанавливаемые на базовой детали; на третьем уровне располагаются детали и сборочные единицы, базой которых являются детали или сборочные единицы предыдущего уровня и т. д., до последней детали и сборочной единицы. Построенный таким образом граф показывает состав деталей и сборочных единиц, их относительное расположение и конструкторские базы. Детали и сборочные единицы, являющиеся базами для других, отмечаются двойными линиями. Однако этот граф не отражает характер соединения деталей и сборочных единиц, являющийся одним из важных элементов конструкции изделия, который влияет на её качество и во многом определяет технологический процесс сборки. Отсутствие такой информации в графе делает неполным представление об изделии. Чтобы установить все соединения деталей в изделии, надо заменить в графе сборочные единицы изделия совокупностями составляющих их деталей, установить конструкторские базы деталей и, таким образом, определить их иерархию.

Граф деталей каждой сборочной единицы строится по той же методике, что и предыдущий граф. На рис. 1 показан граф деталей изделия, где все сборочные единицы заменены соответствующими графами их деталей. На этом графе видна подчиненность деталей.

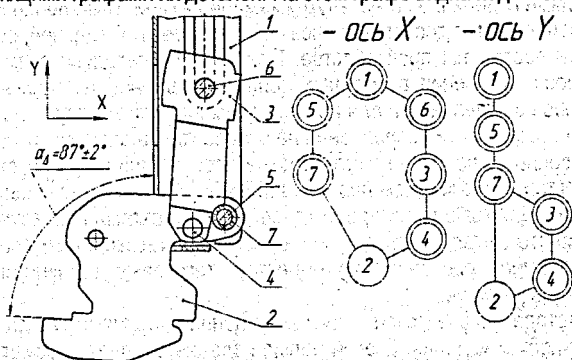


Рис. 1 — Эскиз сборочной единицы и графа деталей:

1 — корпус; 2 — тяга; 3 — кронштейн; 4 — ось тяги; 5 — ось; 6 — ось механизма; 7 — обойма

С помощью графа деталей без сборочного чертежа изделия легко построить контуры их размерных цепей. Для этого сначала надо принять ребра, соединяющие смежные детали, за звенья размерных цепей. Но это ещё не размеры деталей, являющиеся составляющими звеньями размерной цепи, а лишь линии, связывающие детали, чьи размеры являются составляющими звеньями.

Далее, по построенному графу устанавливают характер размерных цепей и их взаимосвязи. Чтобы заменить их на размеры между поверхностями, нужно воспользоваться графом поверхностей изделия. Для построения этого графа необходимо представить каждую деталь структурированным множеством поверхностей.

Граф поверхностей детали строится следующим образом. Сначала на основе анализа сборочного чертежа определяется служебное назначение каждой поверхности детали. Далее определяются поверхности, служащие конструкторскими базами для других поверхностей. На основе этой информации строится граф, где на первом уровне располагается поверхность, выступающая в роли основной базы детали, на втором уровне размещаются поверхности, базой которых является поверхность первого уровня. На третьем уровне размещаются поверхности, базой которых являются поверхности второго уровня и т.д., до последней поверхности. В качестве примера на рис. 2 показаны фрагменты графов поверхностей детали 2 (тяги). На рис. 2 цифры 1, 2 и т.д. соответствуют поверхностям детали, цифры 05, 06 и т.д. соответствуют осям поверхностей детали, буквы B_i соответствуют размерам детали. Полученный граф поверхностей детали показывает число поверхностей, входящих в состав детали и их конструкторские размерные связи.

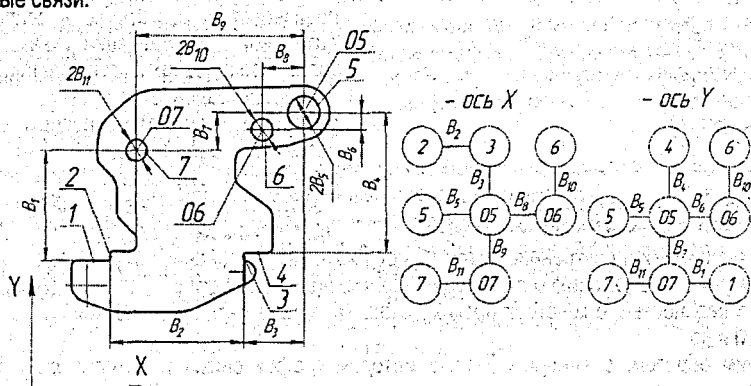


Рис. 2 - Эскиз тяги и фрагменты графов размерных связей

Заменяв в графе деталей изделия (рис. 1) все детали соответствующими графами поверхностей, получим граф поверхностей всего изделия. Однако в случае, если деталь изменяет своё угловое положение (детали 2 и 3) по отношению к заданному на чертеже, необходимо учесть изменение величин проекций размеров на рассматриваемые координатные направления с учётом допуска угла наклона [2,3]. В качестве примера на рис. 3 показан фрагмент графа поверхностей изделия с размерными связями в направлении оси X.

На рис. 3 обозначения B_i , B_i' и т.д. соответствуют размерам деталей, а B_i , B_i' и т.д. соответствуют проекциям размеров на рассматриваемое координатное направление с учётом допусков углов наклона деталей.

При переносе размера замыкающего звена на граф размерных связей изделия получается замкнутый контур, который соответствует конструкторской размерной цепи и позволяет составить уравнение соответствующей размерной цепи. Полученное уравнение отражает соотношение между номинальным значением замыкающего и составляющих звеньев. К примеру, для размера B_8' уравнение размерной цепи будет иметь вид:

$$B_8' = B_2 + G_2' - E_1. \quad (1)$$

На основе уравнения (1) можно составить уравнение допусков звеньев (2) и два уравнения предельных значений (3,4) [2, 3]:

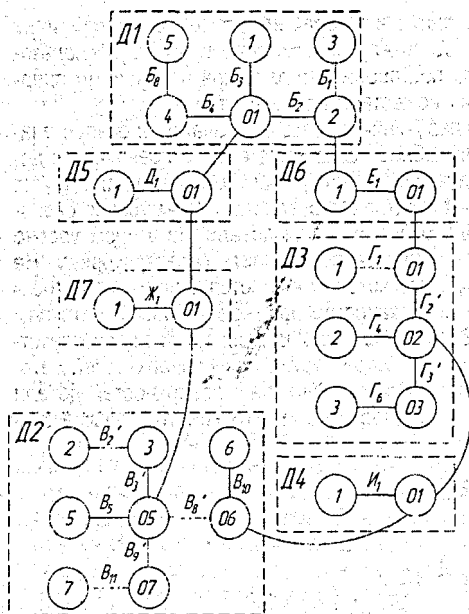


Рис. 3 – Фрагмент графа размерных связей изделия в направлении оси X

состав поверхностей и внутренние связи между ними. Использование такого графа позволяет получать информацию о структуре изделия, подчиненности сборочных единиц, деталей, поверхностей, о конструкторских базах, характере размерных связей, уровне их точности и др.

Таким образом, размерный анализ методом графов снижает затраты времени и трудоёмкость процесса выявления конструкторских размерных целей, а также позволяет представить все размерные связи изделия в упорядоченной, наглядной и компактной форме – в виде графа.

Для сборочного чертежа шарнира было произведено построение графов деталей и размерных связей изделия. После анализа полученных размерных целей было установлено, что необходимая точность исходного (замыкающего) звена требует повышения точности составляющих звеньев. Путём анализа размерных связей выявлены детали, размеры и взаимное расположение которых определяет величину угла открывания. На основе полученных результатов было предложено изменение размеров деталей и их допусков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М: Машиностроение, 2005. – 736 с.
2. Размерный анализ конструкций: Справочник / С.Г.Бондаренко, О.Н.Чередников, В.П.Губий, Т.М.Игнатцев; под общ. ред. канд. техн. наук С.Г. Бондаренко. – К: Техніка, 1989. – 150 с.
3. Дунаев П.Ф., Лёликов О.П. Расчёт допусков размеров. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. – 400 с.

$$TB_8' = TB_2 + TG_2' + TE_1; \quad (2)$$

$$B_8'_{max} = B_{2max} + G_2'_{max} - E_{1min}; \quad (3)$$

$$B_8'_{min} = B_{2min} + G_2'_{min} - E_{1max}. \quad (4)$$

Выразив размеры B_1' , B_1' и т.д. через размеры B_1 , B_1 и т.д. и подставив полученные выражения в уравнения (1-4), получаем необходимые зависимости для замыкающего звена.

Граф поверхностей изделия дает всю информацию, представленную предыдущими графами, так как на нем указаны и сборочные единицы, и детали изделия. Он показывает состав поверхностей всего изделия и каждой детали в отдельности. Поэтому для получения информации об изделии, как объекте производства, достаточно в сопроводительной документации указывать только граф поверхностей изделия.

Представление изделия ориентированным множеством поверхностей позволяет абстрагироваться от его конкретного служебного назначения, конструктивного оформления и перейти к описанию содержания через состав

НЕКОТОРЫЕ АЛГОРИТМЫ ГЕНЕРАЦИИ РЕГУЛЯРНЫХ ГРАФОВ

Введение. Задача создания полного списка регулярных графов, вместе с задачей распознавания изоморфных графов, является одной из старейших задач конструктивной комбинаторики [1]. Помимо простого научного интереса, генерация таких графов имеет также и практическое значение.

Регулярные графы применяются в разнообразных областях, например, в peer-to-peer сетях [2], некоторые из которых базируются на связанных регулярных неориентированных графах, при идентификации молекул веществ, при разработке баз знаний интеллектуальных систем. В связи с повсеместным распространением информационных систем и их объединением в локальные и глобальные компьютерные сети наиболее перспективным является использование таких графов при создании оптимальной топологии таких сетей [3], а именно – при необходимости наилучшим образом связать большое количество однородных элементов.

В данной работе анализируются четыре алгоритма, основанные на идеях построения дерева, прямого произведения множеств, циклического перебора и избирательной вставки. Анализ базируется на программной реализации данных алгоритмов; выполненной студентами группы ИИ-4 Брестского государственного технического университета под руководством доцента кафедры ИИТ Шуть В. Н.

Постановка задачи. Регулярный граф K_n^M – граф, у которого степени всех вершин равны между собой и где N – количество этих вершин, а M – степени вершин. Изоморфные графы – графы, для которых выполняются следующие условия: каждой вершине одного графа можно однозначно поставить в соответствие вершину другого графа так, что если любые две вершины первого графа (не) смежны, то соответствующие вершины второго графа также (не) смежны.

Задача состоит в генерации всех неизоморфных между собой регулярных графов с заданными M и N .

Алгоритм дерева. Алгоритм генерации графов методом дерева относится к категории точных алгоритмов.

Первоначально строится так называемое кольцо – граф K_n^2 .

На базе графа K_n^2 строится граф K_n^3 , путем установки в кольцо ребер. Для того, чтобы иметь все возможные комбинации, воспользуемся древовидным отображением возможных ребер.

Изначально мы выбираем на кольце одну вершину. Пусть это будет вершина x_1 . Она будет вершиной дерева отображения комбинаций ребер. Эту вершину мы можем связать ребром со следующими вершинами: $x_3, x_4, x_5, \dots, x_{n-1}$.

На первом шаге строится ребро $\{x_1, x_i\}$, где $i = 3, \dots, \frac{n}{2}$. Для сокращения числа ветвлений ребра из вершины x_1 устанавливаются ребра лишь на половину вершин для избежания симметрии в замкнутом контуре.

На последующих шагах определяются свободные вершины (вершины, степени которых меньше M), и строятся новые ребра вплоть до установки последнего. Тогда число шагов для генерации одного графа:

$$g_c = \frac{MN}{2} - N, \quad (1)$$

где это также число ребер для установки [3].

Трудоёмкость данного алгоритма:

$$(N - 2)! \Rightarrow O(N!) \quad (2)$$

Количество используемой памяти:

$$1 + (n - 3) + (n - 3)(n + 2) + (n - 3)(n + 2)(n - 3) + \dots \quad (3)$$

Алгоритм прямого произведения множеств. В данном алгоритме используется свойство многих регулярных графов — наличие гамильтонова контура и представление такого графа в виде «обод-спица». Первоначально строится граф K_n^2 . Затем на его базе строится специальная матрица внутренних ребер графа K_n^m . Очевидно, что существует множество комбинаций установки ребер графа K_n^m в обод. Поэтому в первом столбце матрицы внутренних ребер графа K_n^m строятся все возможные ребра из вершины x_1 . Далее во втором столбце находятся все возможные варианты построения внутренних ребер графа K_n^m выходящие из вершины x_2 , и т.д. Каждый столбец-множество обозначается буквой A_1, A_2, \dots, A_{n-2} .

Далее, на базе матрицы внутренних ребер строим прямое произведение множеств A_1, A_2, \dots, A_{n-2} . При построении прямого произведения множеств определяем, возможно ли одновременное существование ребер графа, задаваемых элементами множеств. Если это возможно, то результат произведения равен единице, иначе прямое произведение будет равно нулю. При этом образуются пары множеств $(A_1, A_2), (A_1, A_3), \dots, (A_{n-1}, A_{n-2})$. Каждое такое прямое произведение множеств позволяет построить два внутренних ребра графа K_n^m .

На последующих шагах алгоритма производим прямое произведение полученных множеств и исходных множеств в случае нечетного количества внутренних ребер графа, либо прямое произведение полученных множеств между собой в случае четного количества внутренних ребер графа. Количество ребер можно определить по формуле (1).

Далее, при построении прямого произведения множеств, определяем, возможно ли одновременное существование всех ребер графа, полученных в каждом из множеств. Если это возможно, то результат произведения равен 1, иначе — 0. Алгоритм выполняется до момента достижения необходимого количества ребер в графе [3].

Трудоёмкость данного алгоритма:

$$\frac{MN * (N - 2)!}{M! * (N - 2 - M)!} \Rightarrow O(N^{M+1}) \quad (4)$$

Количество используемой памяти:

$$\frac{N^{M-1} * (N - 2)!}{M! * (N - 2 - M)!} \quad (5)$$

Алгоритм циклического перебора.

Этот алгоритм также основан на принципе «обод-спица».

Изначально строится обод (граф K_n^2).

Алгоритм работает с двумя вершинами, относительно которых вычисляет возможность либо невозможность постановки на них ребра. На первом шаге эти вершины совпадают. Ребро поставить нельзя.

Тогда вторая вершина смещается на единицу. Ребро $\{x_1, x_2\}$ уже существует, поэтому на третьем шаге вершина смещается еще на единицу. Постановка ребра $\{x_1, x_3\}$ допустима. После того, как ребро устанавливается, рекурсивно вызывается та же процедура, но с увеличенной на единицу первой вершиной и уменьшенной на единицу количеством свободных ребер. При этом вторая вершина возвращается на начало и опять последовательно проходит все вершины, пока не найдет место, где возможна установка ребра. На шаге 7 видно, что сложившаяся расстановка неразрешима, т.к. остается еще

одно свободное ребро, которое поставить некуда. В этом случае алгоритм выходит на один шаг из рекурсии, что ведет к отмене последнего проставленного ребра (см. шаг 14) и нахождению другого места для постановки ребра. На шаге 49 был построен один из графов. Этот граф запоминается, первая точка переходит на следующую позицию, вторая ставится на начальную вершину и алгоритм повторяется, пока все вершины контура не пройдут алгоритм в роли входных вершин.

Трудоёмкость данного алгоритма:

$$\frac{(N-3)!}{(M-1)! * (N-3-M)!} \Rightarrow O(N^M) \quad (6)$$

Количество используемой памяти:

$$\frac{N^3 * (N-3)!}{M! * (N-3-M)!} \quad (7)$$

Алгоритм двух вершин. Ещё одним из алгоритмов генерации регулярных графов является алгоритм двух вершин. Его качественное отличие от предыдущих алгоритмов заключается в отказе от прочной связи алгоритма с графами типа «обод-спица».

Допустим, что существует исходный граф K_n^m , из которого необходимо получить граф K_{n+2}^m . Тогда возьмем ребро $\{x_i; x_j\}$ этого графа, и установим на нем две вершины x_{i+1} и x_{j+2} . Эти вершины будут смежны между собой и смежны вершинам x_i и x_j .

Вторым шагом является удаление ребер. Поочередно перебираются все ребра, неинцидентные вершинам x_i и x_j , и в каждом случае такое ребро $\{x_{i1}; x_{j1}\}$ удаляется. В таком случае появляется возможность установки новых ребер, причем двумя способами: $\{x_i; x_{j1}\}$ и $\{x_{i1}; x_j\}$, или же $\{x_{i1}; x_i\}$ и $\{x_j; x_{j1}\}$. Полный перебор всех ребер в качестве входных завершает данный алгоритм.

Трудоёмкость данного алгоритма:

$$\frac{(M-2)N(N-1)}{2} \Rightarrow O(MN^2) \quad (8)$$

Количество используемой памяти:

$$2^{M-3} * M * N * \prod_{k=1}^{M-2} \left(\frac{M * N}{2} + (1-2M) * K \right) \quad (9)$$

Заключение. Алгоритмы дерева и прямого произведения множеств просты в понимании и реализации, но очень ресурсоемки и трудоёмки, а также не генерируют полный список графов, что делает данные методы непригодными для использования в неучебных целях.

Алгоритм циклического перебора некоторым образом похож на алгоритм прямого произведения множеств, однако менее трудоёмок. Отсутствие негамильтоновых графов среди сгенерированных данным алгоритмом также ставит под сомнение выгодность этого алгоритма.

И кардинально отличающийся от вышеописанных алгоритм двух вершин имеет наименьшую трудоёмкость и возможность генерировать все типы графов, но требует больших ресурсов памяти и нуждается в исходном графе, затраты на генерацию которого не вошли в расчеты трудоёмкости и ресурсоемкости. Однако этот алгоритм наиболее привлекателен среди данных четырех.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gunnar Brinkmann: Fast Generation of Cubic graphs. Journal of Graph Theory Vol. 23, No. 2 (1996), 139 – 149.
2. Ali Shokoufandeh: Peer-to-peer networks based on random transformations of connected regular undirected graphs. Journal of Algebraic Combinatorics: An International Journal. Volume 19, Issue 3 (May 2004), 257 – 272.
3. Шуть В. Н., Свирский В. М., Муравьев Г. Л., Анфилец С. В. Генерация регулярных связанных графов // Вестник БрГТУ. – 2006. – № 5. – С. 44-47.

ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКОЛОГИИ

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УВЛАЖНЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Важная роль в создании водного режима в почве принадлежит термическому режиму и атмосферным осадкам. Именно климатические факторы (атмосферные осадки, температура воздуха, скорость ветра и дефицит влажности) определяют расход запасов влаги на испарение.

Впервые взаимосвязь водного режима почв с климатом выдвинул Г.Н. Высоцкий, установив географию типов водного режима почв. В дальнейшем ученые С.А. Вериги и Л.А. Разумова установили закономерности формирования водного режима почв по почвенно-климатическим зонам. На территории Беларуси изучением агроклиматических показателей, пространственно-временным распределением неблагоприятных метеорологических явлений занимались такие ученые как В.Ф. Логинов, Г.И. Сачок, В.И. Мельник, П.А. Кавриго, А.Х. Шкляр и др.

Засуха – это длительный бездождливый период, сопровождаемый снижением относительной влажности воздуха, влажности почвы и повышением температуры, когда не обеспечиваются нормальные потребности растений в воде.

В зависимости от влияющих факторов выделяют три вида засухи: атмосферная, почвенная и атмосферно-почвенная.

Почвенная засуха – явление, при котором в почве в определенное время отсутствует вода, доступная растению, или ее очень мало. Такая засуха происходит из-за неблагоприятных условий в весенне-летний период вегетации. Почвенная засуха вызывается длительным отсутствием дождей в сочетании с высокой температурой воздуха и солнечной инсоляцией, повышенным испарением с поверхности почвы и транспирацией, сильными ветрами. Все это приводит к иссушению корнеобитаемого слоя почвы, снижению запаса доступной для растений воды при пониженной влажности воздуха.

Атмосферная засуха характеризуется высокой температурой и низкой относительной влажностью воздуха (10-20%). При такой засухе резко усиливается испарение воды с поверхности почвы и транспирация, нарушается согласованность скорости поступления из почвы в надземные органы воды и потеря ее растением, в результате растение завядает. Однако при хорошем развитии корневой системы атмосферная засуха не причиняет растениям большого вреда, если температура не превышает переносимый растениями предел.

Обычно атмосферная и почвенная засухи сопровождают друг друга. В чистом виде атмосферная засуха нередко наступает весной, когда почва еще насыщена водой после схода снега. Почвенная засуха часто наблюдается в середине или конце лета, когда зимние запасы влаги уже исчерпаны, а летних осадков оказалось недостаточно.

Однако наиболее опасной для растительности является атмосферно-почвенная засуха. Данная засуха характеризуется высушенной почвой, сухим воздухом и сильным суховеем.

Характер увлажненности территории оценивают с помощью различных показателей увлажнения. Расчетом коэффициента засухи занимались такие ученые, как А.М. Апатъев, Р.Э. Давид, Н.В. Бова, П.Г. Кабанов, В.Г. Кастров, Н.Н. Иванов, Г.Т. Селянинов.

Н.Н. Иванов предложил производить расчеты путем деления количества осадков на испаряемость:

$$K_w = \frac{R}{E}, \quad (1)$$

где $E = 0,0018(t + 25)^2(100 - a)$

t – температура воздуха;

a – относительная влажность воздуха

Если $K_{\text{в}} \leq 0,25 \div 0,35$, то отмечается засушливый период.

Р.Э. Давидом предложена формула влажного дефицита за критический период роста растений:

$$f = \frac{1}{2}(E - e), \quad (2)$$

где f – испаряемость, мм

E – максимальная упругость водяного пара при среднесуточной температуре воздуха;

e – средняя суточная абсолютная влажность воздуха.

Р.Э. Давид придерживался теории о том, что засуха – это несоответствие условий испаряемости ландшафта с выпадающими осадками, вследствие чего растения погибают.

Н.В. Бова рассматривал засуху как сочетание явлений, происходящих в почве и воздухе, в результате которых наступает несоответствие между подачей воды в растение и транспирацией. Он ввел показатель засушливости для установления начала засухи. Поскольку считал, что на растения влияют исходные запасы влаги в почве, время возникновения засухи и ее интенсивность, а также состояние и фаза развития самого растения.

$$K_{\text{в}} = \frac{10(H + Q)}{\sum t}, \quad (3)$$

где H – весенний запас доступной растению влаги в метровом слое почвы;

Q – сумма осадков, выпавших с весны и до наступления засухи (в весенне-летний период);

$\sum t$ – сумма положительных температур от даты перехода через 0° весной.

П.Г. Кабанов и В.Г. Кастров сопоставили испаряемость с суммой осадков периода роста пшеницы и запасами активной влаги в почве, установив объективную оценку засушливости каждого года и отдельных пунктов.

Оценку засухи также можно производить с помощью плювиотермического коэффициента $K_{\text{пт}}$, составляющих радиационного и теплового баланса.

$$K_{\text{пт}} = \frac{\sum R}{\sum T}, \quad (4)$$

где $\sum R$ – количество выпавших осадков, мм;

$\sum T$ – сумма средних месячных температур за тот же период.

Г.Т. Селяниновым была предложена методика расчета коэффициента увлажнения через отношение суммы осадков ($\sum P$) в мм за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10°C к сумме температур ($\sum T$) за это же время, уменьшенной в 10 раз, который получил название гидротехнический коэффициент (ГТК):

$$\text{ГТК} = \frac{\sum P}{\sum T / 10} \quad (5)$$

Из чего следует, чем ниже ГТК, тем засушливее местность.

При расчете коэффициента засухи необходимо учитывать основные факторы, влияющие на увлажненность территории – величину температуры воздуха, количество атмосферных осадков и влажность деятельного слоя почвы (до 1 м).

Таким показателем является коэффициент, предложенный Д.А. Педём [1]. Данный коэффициент включает только независимые элементы. Так, температура воздуха и атмосферные осадки между собой практически независимы, влажность почвы в большей степени зависит от накопления почвой влаги. Все остальные факторы являются косвенными и уже учитываются в основных. Если определять показатель засухи через абсолютные величины температур воздуха, атмосферные осадки и влажность, то получим

опасное явление в областях с засушливым климатом: Поэтому при расчетах принимаются отклонения погоды каждого года от обычных условий.

$$S_i = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta P}{\sigma_P} - \frac{\Delta E}{\sigma_E}, \quad (6)$$

где i – пункт исследования;

ΔT , ΔP , ΔE – аномалии (по сравнению с нормой) температуры, осадков и влажности деятельного слоя почвы (до 1 м);

σ_T , σ_P , σ_E – средняя квадратическая величина ΔT , ΔP , ΔE .

В работе Д.А.Педея [1] под термином «засушливость» понимаются положительные значения S_i , а «засухой» считается явление, при котором значения параметра засушливости выше двух ($S_i \geq 2.0$).

Как упоминалось ранее, существует три вида засушливости, которые определяются за конкретный период времени по формулам:

Атмосферная
$$S_a = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta R}{\sigma_R}, \quad (7)$$

Почвенная
$$S_p = \frac{\Delta W}{\sigma_W}, \quad (8)$$

Атмосферно-почвенная
$$S_{ap} = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta P}{\sigma_P} - \frac{\Delta E}{\sigma_E} \quad (9)$$

При определении засухи (избыточного увлажнения) средней по заданной территории (\bar{S}) возможны два варианта:

1. \bar{S} вычисляются внутри области, окаймленной изолинией $S_i > 0$, $S_i = 0$ или $S_i < 0$,

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \text{ или } D_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i^2; \quad (10)$$

2. \bar{S} подсчитывается по административному району

$$D_{sp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i^2, \quad (11)$$

где n – число всех пунктов.

По результатам расчетов (S_i определяется для каждого пункта) строится специальная карта S_i . На этих картах выделяются зоны $S_i > 0$ и $S_i < 0$ с переходной граничной линией $S_i = 0$. Каждая зона характеризуется различной S_i , и чем больше этот коэффициент, тем больше засуха и наоборот.

Зная вероятность появления засухи и ее интенсивность в каждом районе, можно провести агрономические работы по уменьшению ее влияния и судить о степени повреждения урожая.

Об интенсивности засухи легко судить по коэффициенту Д.А. Педея. Чем больше эта величина, тем явление сильнее, и наоборот. Для расчёта коэффициента засухи необходимо проанализировать элементы, входящие в его зависимость.

Для территории Беларуси годовая сумма атмосферных осадков составляет 600-700 мм на низинах и 700-800 мм на равнинах и возвышенностях. Около 70% осадков выпадает в тёплую пору года (с апреля до октября) преимущественно в жидком виде. В каждый из осенне-зимних месяцев продолжительность выпадения осадков в 2,5 раза больше, чем в летний. Около 70-80% осадков даёт дождь, 9-16 – снег, остальные – смешанные осадки. Количество суток со снежным покровом увеличивается от 70 на юго-западе до 130 на северо-востоке.

Температура воздуха (от латинского temperature надлежащее смешение, нормаль-

ное состояние), важнейший элемент погоды и климата, характеризующий тепловой режим атмосферы. В Беларуси наиболее высокая, среднегодовая температура воздуха отмечается на юго-западе, самая низкая – на севере. Летом температура воздуха повышается с севера на юг, зимой усиливается влияние Атлантического океана, температура понижается с юго-запада на северо-восток. Самый тёплый месяц – июль (около 17-19°C), реже август или июнь, самый холодный – январь (от -4,4 до -8,4°C), реже февраль или декабрь. Температурные условия страны четко подразделяется на сезоны года. Внутри сезонов температура воздуха более постоянна или имеет однонаправленное изменение. Каждый сезон имеет свои температурные границы.

Следующим показателем, определяющим увлажненность территории, является влажность деятельного слоя почвы. Максимальная величина запасов продуктивной влаги изменяется в зависимости от слоя и составляет от 45 до 200 мм. Минимальные запасы продуктивной влаги наблюдаются на юге страны в песчаных почвах (15-50 мм). Изменчивость запасов влаги в метровом слое на 10-30% меньше, чем в пахотном слое. Максимальная изменчивость наблюдается на юге Беларуси в песчаных почвах, на севере Беларуси она минимальна. Различие в почвенных запасах обусловлено гранулометрическим составом преобладающих почв.

Таблица – Запасы продуктивной влаги

Область	Площадь, тыс.км ²	Запасы влаги за вегетационный период, объем	
		м ³ /га	км ³
Брестская	22,45	1030	2,31
Витебская	34,30	1655	5,67
Гомельская	32,80	1363	4,47
Гродненская	22,63	1262	2,85
Минская	32,93	1350	4,44
Могилевская	26,42	1978	5,23
Беларусь	171,53	1440	24,97

Для репрезентативных пунктов Беларуси были получены коэффициенты засухи Д.А. Педя за вегетационный период в многолетнем разрезе. Были установлены различия засушливости между Брестским Полесьем, Гомельским Полесьем, а также Белорусским Поозерьем и центральной части страны.

Верхнедвинск	Минск	Брест	Василевичи
-0,39	-1,29	0,97	1,24

Анализ полученных данных показывает, что для станции Василевичи период с 1960 по 2000 г. для вегетационного периода характеризуется как слабо засушливый, для Минска – слабо переувлажненный. В Бресте и Верхнедвинске за рассматриваемый период обеспеченность тепловолагоресурсами находилась в оптумуме.

Полученные количественные оценки свидетельствуют о существенном различии в увлажненности северных областей Беларуси и о наличии засушливых явлений в южных регионах страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Педь Д.А. О показателе засухи и избыточного увлажнения / Д.А. Педь // Труды гидрометеоцентра СССР, 1975. – Вып. 156. – С. 19-38.
2. Волчек А.А. Оценка увлажненности территории Беларуси / А.А. Волчек. Н.Н. Шпендик // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: материалы VI Международной научно-практической конференции, Гомель, октябрь 2004 года. – Гомель, 2004. – С.42 – 44.
3. Козельцева В.Ф., Педь Д.А. Данные об атмосферной засушливости (Sn) по станциям западной части территории СССР. – М., 1985. – 162 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КАМЕНЕЦКОГО РАЙОНА

Водные ресурсы страны – одно из важнейших богатств. Они отличаются от других природных компонентов – земельных, растительных, полезных ископаемых и т.д. – очень высокой подвижностью. Их особенность заключается также в том, что различные водные ресурсы – речные, подземные воды и почвенная влага – находятся в тесной взаимосвязи и взаимообусловленности.

Целью исследования является оценка современного состояния поверхностных вод Каменецкого района. Исходными материалами послужили данные Гидрометеоцентра Республики Беларусь.

По территории Каменецкого района протекают рр. Лесная (Правая Лесная, Левая Лесная), Белая, Пульва. Густота натуральной речной сети составляет $0,4 \text{ км/км}^2$. Протяженность мелиоративной сети – 4,8 тыс. км, в том числе отрегулированных водоприемников более 30 км, магистральных и подводных каналов около 420 км, ограничивающих 10 км, регулирующих каналов около 300 км. Рекам свойственен смешанный тип питания. Несмотря на то, что основная часть атмосферных осадков выпадает в жидком состоянии, дождевое питание составляет только 15-20%. Доля снежного питания в сравнении с севером республики, также небольшая – 25-30%. Мягкая зима с неустойчивым снежным покровом и неглубоким промерзанием почв обуславливает более высокую долю грунтового питания (40-50%).

Река Лесная – правый приток р. Западный Буг, образуется слиянием рек Леснойлевой и Лесной Правой у с. Угляны, Каменецкого района. Длина реки 74 км, площадь водосбора 2300 км^2 . Водосбор занимает в основном район Брестского Полесья, а в Северной части входит в пределы Прибугской равнины. Значительная площадь бассейна (17%) в пределах Беларуси по состоянию на 01.01.2006 г. мелиорирована, сдано в эксплуатацию около 780 км открытой осушительной сети каналов. Режим реки изучается на 2-х гидропостах у г. Каменец и с. Тюхиничи. *Весеннее половодье* на р. Лесная начинается в первой половине марта, в ранние весны – в конце января – начале февраля, в поздние – в первых числах апреля. Наивысший уровень половодья наблюдается в конце 2-ой декады марта, средняя высота на меженном уровне 1,5 м, наибольшая – 2,1 м (1958 г.). На весенний период приходится 43% годового стока. *Летне-осенняя межень* продолжается от 3 до 6,5 месяцев, ширина реки в этот период составляет 20–30 м. В отдельные дождливые годы в течение всего лета наблюдается высокое стояние уровня, нередко мало уступая высоте половодья. Наиболее низкие уровни воды чаще всего наблюдаются в августе–сентябре. *Зимние меженные* уровни неустойчивые и в годы с зимними оттепелями могут прерываться во время прохождения зимних паводков. Замерзает в 3-ей декаде декабря, ледоход в середине марта. Весенний ледоход – 6 суток. Среднегодовой расход воды в устье – $12 \text{ м}^3/\text{с}$.

Река Пульва – правый приток р. Западный Буг. Длина реки составляет 54 км, а в пределах Беларуси 42 км. Площадь водосбора составляет 535 км^2 , в том числе в Беларуси 457 км^2 . Водосбор р. Пульвы расположен в пределах Прибугской равнины. Русло в верхнем и среднем течении частично канализованное. Река используется как водоприемник мелиоративных систем.

Наблюдения на р. Лесной в пределах Каменецкого района ведутся с 1946 г., а на р. Пульва с 1958 г. Исследование гидрографов многолетних расходов воды рр. Лесная и Пульва показывает наличие как многоводных, так и маловодных периодов (рис. 1, 2). С начала наблюдений до начала 70-х годов на р. Лесная наблюдается средняя водность по всем трем

видам стока, с 1971 г. по 1980 г. – повышенная водность, а с 1981 г. по настоящее время – пониженная водность в среднегодовом стоке и повешенная водность в летне-осеннюю и зимнюю межень. На рисунке 2 приведена динамика расходов воды р. Пульва в створе г. Высокое. Из графиков видно, что все виды стока имеют тенденцию к увеличению.

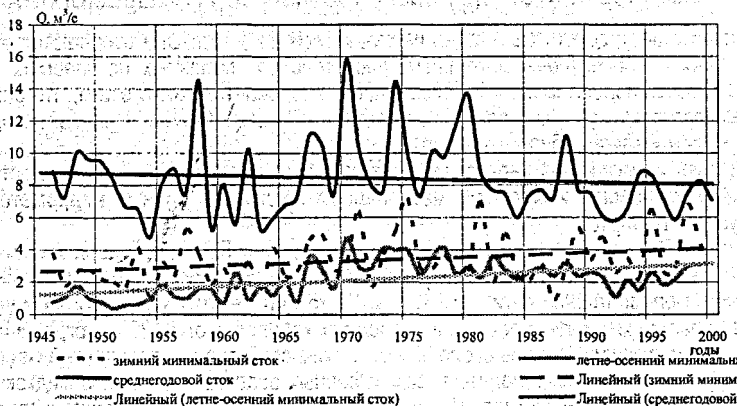


Рисунок 1 – Динамика расходов воды р. Лесная в створе г. Каменец

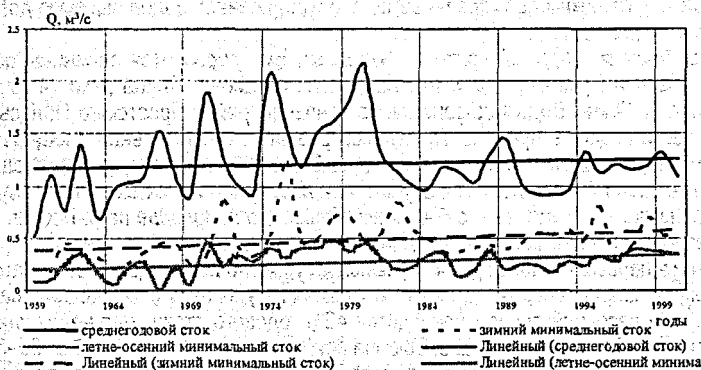


Рисунок 2 – Динамика расходов воды р. Пульва в створе г. Высокое

Исследования линейных трендов позволяет увидеть наглядно тенденцию к увеличению стока в межень, т.е. наблюдается положительный тренд, и уменьшение среднегодового стока. Параметры линейных трендов приведены в табл. 1. Летне-осенний минимальный сток увеличивается быстрее зимнего минимального и среднегодового стока.

Таблица 1 – Параметры линейных трендов расходов воды р. Горынь – пгт Речица

Река – створ	Среднегодовой сток		Летне-осенний		Зимний	
	Градиент изменения стока α , $\text{м}^3/\text{с}/10 \text{ лет}$	Коэффициент корреляции, r	Градиент изменения стока α , $\text{м}^3/\text{с}/10 \text{ лет}$	Коэффициент корреляции, r	Градиент изменения стока α , $\text{м}^3/\text{с}/10 \text{ лет}$	Коэффициент корреляции, r
Лесная – г. Каменец	0,1	0,09	0,3	0,53	0,3	0,28
Пульва – г. Высокое	0,02	0,08	0,03	0,36	0,05	0,29

Источниками загрязнения признаются объекты, с которых осуществляется сброс и иное поступление вредных веществ, ухудшающих качество поверхностных вод, ограничивающих их использование, а также негативно влияющих на состояние дна и берегов водных объектов. В Каменецком районе существует ряд предприятий, которые оказывают существенное воздействие на качество воды: очистная станция г. Высокое, очистная станция ст. Брест-Литовский, свиноводческий комплекс «Беловежский», «Западный»; комплекс по выращиванию крупного рогатого скота, Каменецкий райагросервис (2 склада средств охраны растений), бытовые сточные воды. На территории района в пределах водоохраных зон и прибрежных полос малых рек выявлено 15 ферм и комплексов КРС, 26 МТФ, 4 склада ГСМ, 13 пунктов мойки техники и хозяйственных дворов, 1 скотомогильник, 1 емкость из под аммиачной воды, 1 баня, 4 свалки мусора в карьерах, 2 поля орошения. На состояние природы оказывает влияние гидромелиорация, которая приводит к смене микроклимата, падению уровня грунтовых вод, высыханию почвы, смене флоры и фауны. На территории Каменецкого района общая площадь осушенных земель составляет 24262 га (осушено сельскохозяйственных угодий – 22643 га), из них пашня составляет 1382,9 га, сенокосы – 1767,8 га, пастбища – 2446,3 га. Качество поверхностных вод Каменецкого района формируется под воздействием промышленных, коммунальных стоков, сельского хозяйства, гидромелиорации и др. На рисунке 3 приведена динамика объема сточных вод, имеющих загрязняющие вещества, из которого видно, что с конца 90-х годов объем сточных вод стабилизировался и остается примерно на одном уровне.

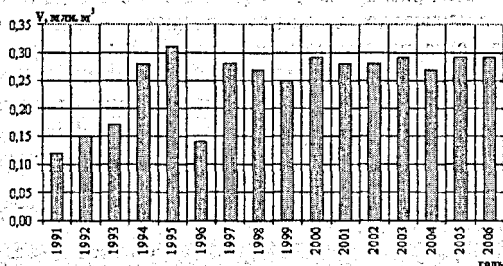


Рисунок 3 – Динамика объема сточных вод в Каменецком районе

Таким образом, выявленные изменения многолетних расходов воды можно объяснить как воздействием антропогенных (гидромелиорация), так и природных факторов. Антропогенная нагрузка на водные системы Каменецкого района, которая формируется за счет сточных вод стабилизировалась, что может положительно сказываться на экологическом состоянии водных объектов и экосистем.

УДК 550.42(476.7)

Шепетюк А.В.

Научный руководитель: ст. преподаватель Грядунова О.И.

ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КОБРИНСКОГО РАЙОНА

Реки, как важный элемент природы, могут служить показателем экологической обстановки территории, что особенно хорошо прослеживается на малых реках из-за небольших размеров их водосбора, а территориальная рассредоточенность делает их ресурсы доступными для повсеместного использования. Все реки Кобринского района ис-

пытывают антропогенное воздействие и наиболее ранимы из них малые реки. В связи с интенсивным использованием водных ресурсов несомненный интерес представляет изучение стока химических составляющих. Информация о содержании различных загрязнителей в речном стоке важна для понимания процессов трансформации вещества на водосборе, индикации загрязнений.

Целью исследования является оценка антропогенной составляющей в изменении гидрохимического состава поверхностных вод Кобринского района. Исходными материалами послужили данные Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды за 17-летний период (1990–2006 гг.)

Антропогенное воздействие на водные ресурсы может проявляться в двух направлениях:

- изменение количественных характеристик водных ресурсов (забор воды из речной сети, сброс использованных вод, создание водохранилищ и прудов, изменение гидрологического режима и т.д.),

- изменение качества природных вод, их гидрохимического состава.

Формирование химической нагрузки на водные системы в определенной степени связано с урбанизированными участками водосборов. Со сточными водами промышленно-селитебных комплексов в водные объекты поступают различные загрязняющие вещества, оказывающие негативное воздействие на водные системы. Анализ величин сброса загрязняющих веществ, осредненных за 8-летние периоды (1990-1997 гг. и 1998-2006 гг.), дает четкое представление о тенденциях количественного изменения их поступления в речные системы (табл., рис. 2). Из таблицы видно, что поступление в водные объекты нефтепродуктов, органических, взвешенных веществ, сульфатов, соединений азота и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) осталось без изменений или уменьшилось. Обратная картина наблюдается с хлоридами, азотом аммонийным, металлами и сухим остатком. Количество сбрасываемых металлов в сточные воды увеличилось почти в 2 раза. Полученные данные указывают на факт увеличения химической нагрузки на реки Кобринского района во второй половине рассматриваемого периода.

Таблица – Сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод Кобринского района за первый и второй полупериоды

Загрязняющее вещество	Среднегодовые величины загрязняющих веществ		Изменение массы вещества
	1990-1997	1998-2006	
Органические вещества (по БПК), тыс. т	0,20	0,20	0,00
Нефтепродукты, тыс. т	0,00	0,00	0,00
Взвешенные вещества, тыс. т	0,03	0,03	0,00
Сульфаты, тыс. т	0,05	0,05	0,00
Хлориды, тыс. т	0,27	0,31	+0,04
Азот аммонийный, тыс. т	0,01	0,02	+0,01
Азот нитратный, тыс. т	0,00	0,00	0,00
Азот нитритный, тыс. т	0,00	0,00	0,00
Сухой остаток, тыс. т	1,80	1,95	+0,15
СПАВ, т	1,01	0,90	-0,11
Металлы (медь, железо, цинк, никель, хром), т	0,31	0,55	+0,24
Объем сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, млн. м ³	3,29	3,44	+0,15

В составе сточных вод в водные объекты в целом по району в 2006 году было сброшено 30 т взвешенных веществ, 410 т хлоридов, 60 т сульфатов, 30 т органических веществ, 730 кг железа, 10 кг цинка и значительное количество других загрязняющих веществ. Таким образом, поверхностные воды на территории района испытывают существенную химическую нагрузку.

Анализируя данные о сбросе сточных вод в разрезе районов Брестской области (рис. 1), необходимо отметить, что Кобринский район относится ко второй группе районов по антропогенной нагрузке на водные объекты. В структуре загрязняющих веществ ведущее место принадлежит хлоридам, сульфатам, азоту аммонийному, взвешенным и органическим веществам.

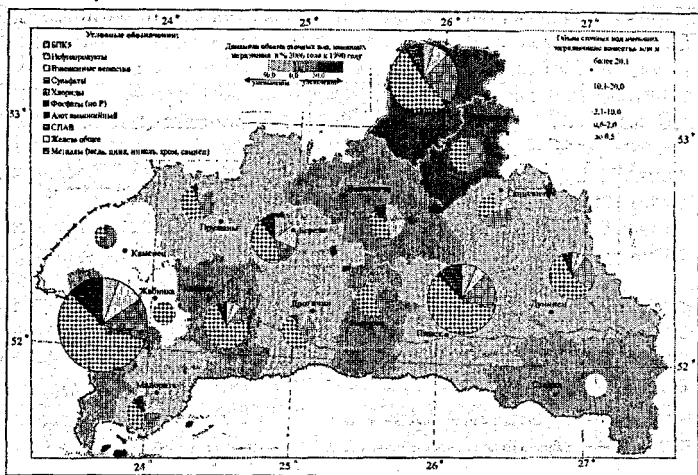


Рисунок 1 – Сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод по районам Брестской области

На рис. 2 представлена экологическая ситуация на реках Брестской области. Из рисунка видно, что река Мухавец выше г. Кобрин по индексу загрязненности вод (ИЗВ) относится к категории чистая, а ниже г. Кобрин – умеренно загрязненная. В створе наблюдается превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по биохимическому потреблению кислорода (БПК₅), фосфатам, соединениям азота и железу, а по взвешенным веществам, меди, цинку, никелю, нефтепродуктам и СПАВ превышений нет.

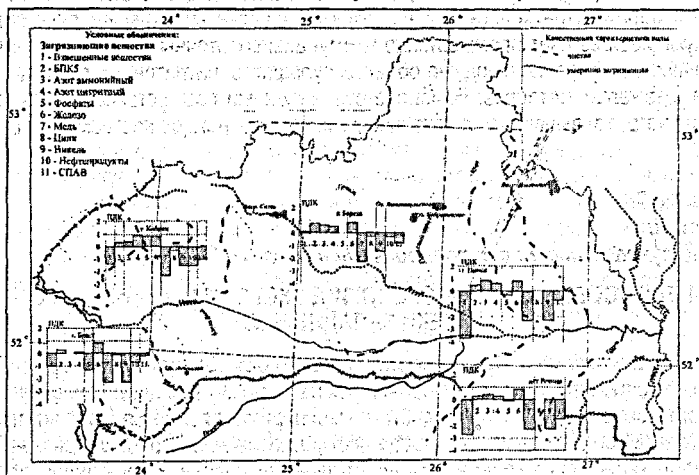


Рисунок 2 – Качественное состояние рек Брестской области

На рис. 3 приведена динамика лимита и забора воды из водных объектов Кобринского района. Из рисунка видно, что с середины 90-х годов общий объем забора уменьшился, а забор из подземных источников преобладает над забором из поверхностных, что может свидетельствовать о неудовлетворительном состоянии, а значит и невозможности использования воды из поверхностных источников. В 1994 г. лимит и фактический забор практически совпали, а в последние 5 лет разница между лимитом и забором сокращается.

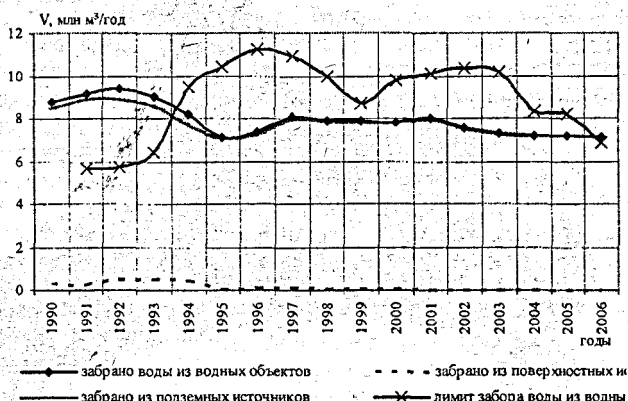


Рисунок 3 – Динамика забора воды в пределах Кобринского района

Водные объекты Кобринского района широко используются как зоны отдыха и туризма. Лов рыбы с применением орудий любительского рыболовства разрешен на оз. Каташи, Бамовское, р. Мухавец. Подводная охота и лов рыбы с судов с двигателями может проводиться на р. Мухавец и Днепро-Бугский канале. Кобринский районный исполнительный комитет предлагает 2 туристических маршрута «По водным просторам Кобринщины» и «Природа Кобринского края» с посещением водных объектов Кобринщины.

Таким образом, антропогенная нагрузка на водные системы Кобринского района, формирующиеся за счет промышленно-коммунальных сточных вод, выросла в связи с увеличением поступления в водные объекты сульфатов, нитритов, нитратов, аммонийного азота и тяжелых металлов. Наиболее существенный рост установлен для металлов. Снижение нагрузки выявлено по органическим, взвешенным веществам и хлоридам.

УДК 550.42(476.7)

Козлюк С.Н.

Научный руководитель: ст. преподаватель Карпук В.К.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАСЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ

В настоящее время, в условиях антропогенного воздействия решить проблему сохранения и рационального использования рек невозможно без достоверной информации об экологическом состоянии их экосистем. Неоспоримым является тот факт, что количество и качество водных ресурсов определяют развитие всех стран. Это связано с исключительно важной ролью воды в жизнедеятельности человека, функционировании природных систем.

Важное место в стратегии устойчивого развития Беларуси отводится вопросам охраны и использования водных ресурсов бассейнов трансграничных рек. Поэтому уделяется повышенное внимание экологическому состоянию приграничных территорий, в том числе, такой трансграничной водной артерии, какой является река Западный Буг со своими притоками.

Западный Буг принадлежит бассейну Балтийского моря, трансграничная река является левым притоком р. Нарев, протекает по территории трех государств: Украины, Беларуси и Польши. Длина реки – 772 км при площади водосбора 39,4 тыс. км², в т. ч. в пределах Беларуси – 154 км и площадь водосбора около 10,4 тыс. км². Основные притоки – р. Копаювка, Мухавец, Лесная, Пульва. Режим рек бассейна Западного Буга обладает своими особенностями, обусловленными главным образом неустойчивыми погодными условиями зимы и весны, благодаря чему на реках в одни годы формируется режим половодья, в другие – типично паводочный. Местный и общий сток бассейна рек Западного Буга соответственно равны 1,4 км³/год и 3,1 км³/год. Вода р. Западный Буг по химическому составу относится к водам средней минерализации гидрокарбонатного класса группы кальция.

Весь комплекс антропогенных факторов, определяющих поступление загрязняющих веществ в реки, в результате которого изменяется химический состав поверхностных вод в речных бассейнах, можно разделить на две основные группы: сосредоточенные и диффузные источники. Первая группа – это в основном сброс сточных вод, а вторая группа – сельскохозяйственная деятельность, осуществляемая на территории речного бассейна. Диффузные источники загрязнения составляют более 60% в гидрохимическом балансе рек.

Общее состояние качества воды в реке по физико-химическим и биологическим показателям свидетельствует о том, что Западный Буг загрязнен, большинство показателей не соответствует нормам. Анализ данных свидетельствует о наличии в воде реки повышенных концентраций легкоокисляемых органических веществ, соединений азота, меди и железа общего. Вода реки в створах, расположенных в районе г. Бреста, н. п. Речица и н. п. Новоселки характеризуется как умеренно загрязненная с ИЗВ 1,2. Такое состояние обусловлено главным образом недостаточным и некачественным очищением стоков.

Бассейн Западного Буга относится к урбанизированной территории. Как известно, с урбанизированными участками водосборов связано поступление в реки сточных вод различного происхождения (производственных, хозяйственно-бытовых, ливневых), которые наряду с традиционными компонентами химического состава, формирующимися в естественных условиях, содержат и специфические, не свойственные природным водам вещества (СПАВ, нефтепродукты, тяжелые металлы и т. п.)

Вода реки средней жесткости, минимальные значения отмечены в весенний период. Концентрация хлоридных и сульфатных ионов не достигает нормативных величин. Кислородный режим также вполне удовлетворительный на всем протяжении водотока. Для летнего периода характерно высокое содержание взвешенных веществ. Наличие значительных антропогенных нагрузок на водоток подтверждается также повышенным содержанием в речных водах биогенных веществ. Концентрация нефтепродуктов в воде р. Западный Буг в большинстве случаев превышает значения ПДК. В воде присутствуют и тяжелые металлы, содержание которых во многих случаях превышает ПДК.

На территории Украины наибольшее загрязнение приносит горнодобывающая промышленность Волынской области. На белорусской территории наибольшее влияние на качество воды в р. Западный Буг оказывают коммунальные и промышленные стоки г. Бреста и г. Кобрина, поступающие в Буг посредством р. Мухавец. На польской стороне большое количество стоков идет с сахарного завода в Сштижуве, которые очищаются механически. Далее по течению р. Западный Буг в месте впадения р. Влодавки посту-

пают коммунальные и промышленные стоки с г. Влодавы. Последним левобережным притоком приграничного участка Буга является р. Кшна, которая собирает коммунальные и промышленные стоки с Лукува, междуречья Подляского и Бела-Подляского.

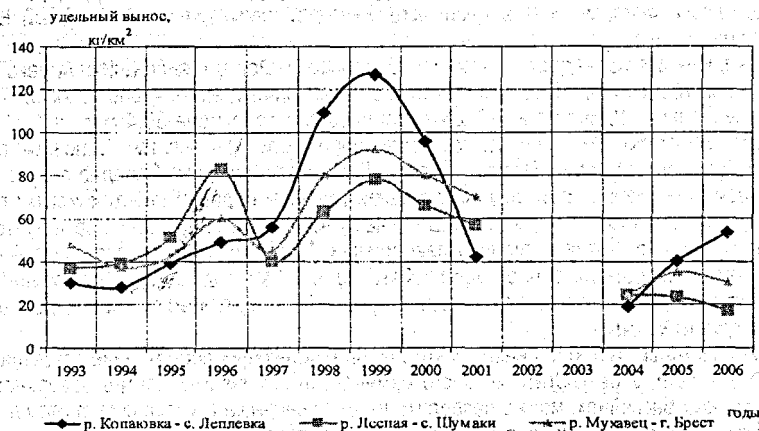


Рисунок 1 – Динамика удельного выноса азота аммонийного в бассейне р. Западный Буг

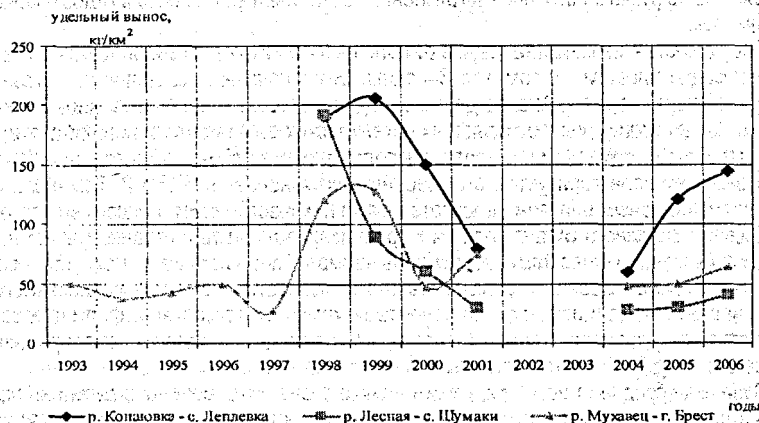


Рисунок 2 – Динамика удельного выноса железа в бассейне р. Западный Буг

Имеющиеся данные позволяют рекомендовать следующую систему водоохранных мероприятий, для решения основных экологических проблем белорусской территории бассейна р. Западный Буг:

- на участках по длине Мухавца и Лесной необходимо осуществлять мероприятия, направленные на уменьшение фосфатов, так как в местах ниже сбросов сточных вод по многим предприятиям концентрация их в десятки раз больше;

- на участке 103-125 км от устья р. Мухавец в результате сбросов сточных вод в реку наблюдаются повышенные значения азота нитратного; здесь можно рекомендовать предприятиям на своих очистных сооружениях предусмотреть мероприятия по снижению этого элемента в сточных водах;

- для снижения нагрузки по сульфатам, фосфору и металлам необходимо жесткое регламентирование организованного сброса; это возможно достичь путем организации двухступенчатой системы очистки сточных вод - сначала на очистных сооружениях предприятия, а затем - на очистных сооружениях городской канализации.

Также необходимо проводить мероприятия в целях снижения поступления биогенных элементов за счет поверхностного смыва с территории бассейнов р. Мухавец и р. Лесная в местах повышенного сельскохозяйственного освоения.

Таким образом, оздоровление р. Западный Буг становится возможным только при комплексном подходе улучшения экологической ситуации как в самих реках, так и их бассейнах, а также при приведении охраны рек от загрязнения по всем направлениям природопользования всеми приграничными странами.

УДК 628.16

Лобец Е.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Волкова Г.А.

КОРРОЗИЯ И БИООБРАСТАНИЯ В ВОДОБОРОТНЫХ СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ

Целью данной работы является привлечение внимания к проблеме развития коррозии и биообрастаний в водооборотных системах охлаждения. Разработки по антикоррозионной защите металла очень актуальны. Несмотря на многолетние интенсивные работы в этой области, такие разработки востребованы и в настоящее время. Рост антропогенного загрязнения окружающей среды, приводящий к ухудшению качества воды в различных водисточниках и системах водоснабжения, усугубляют трудности решения проблемы борьбы с коррозией.

Любое снижение коррозионных потерь металла одновременно решает и экологические проблемы. В большинстве промышленно развитых стран увеличивается сброс недостаточно очищенных промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, содержащих органические соединения и минеральные соли, в том числе нитраты и фосфаты, в реки, озера и моря - водоприемники, что стимулирует процессы биообрастания и увеличивает коррозионные разрушения при использовании этих вод для подпитки. Это свидетельствует о тесной взаимосвязи коррозии металлов и экологии [6].

Процесс коррозии помимо ухудшения технологических и технических характеристик металлоконструкций (трубопроводов, запорной арматуры, технологического оборудования и др.), имеющих непосредственный контакт с водой, приводит к вторичному загрязнению воды продуктами коррозии и биообрастаний.

Механизм развития коррозии металлических поверхностей в воде, определяемый коррозионной активностью воды и особенностями режима работы систем водоснабжения, носит электрохимический характер и интенсифицируется присутствующими в воде многочисленными микроорганизмами [1,2], вызывающими биокоррозию металлов. Рассмотрим причины возникновения электрохимической и биокоррозии.

В литературе наиболее распространено мнение, что электрохимическая коррозия вызвана тем, что для изготовления металлического оборудования и трубопроводов в водооборотных системах охлаждения применяются сплавы, содержащие обычно не два, а большее число различных компонентов, которые могут образовывать различные соединения и смешанные фазы. Это приводит к возникновению на поверхности металла микрогальванических элементов, как правило, нескольких видов, которые являются причиной постепенного разрушения поверхностных слоев металла при соприкосновении с водной средой.

При этом электродные потенциалы гальванических элементов зависят не только от

природы металла, но в меньшей степени и от кристаллической модификации его, от различных дефектов в решетке кристалла, от напряжения во внутренней структуре. Поэтому все виды неоднородности металла, в том числе и вызываемые такими методами обработки, какковка, прокат, волочение и т.д., могут в той или иной степени влиять на течение коррозионных процессов. Вследствие указанных причин будут возникать разные электрохимические элементы.

В присутствии кислорода, растворенного в воде, на поверхности металла могут возникать азрационные пары, в результате того, что приток кислорода к одной части поверхности металла больше, чем к другой. На более азрируемых участках металла локализуется катодный процесс, а на менее азрируемых участках - анодный процесс, что приводит к усиленной коррозии этих участков.

Биокоррозия вызвана воздействием на металлы микрофлоры, присутствующей в циркулирующей воде. При этом следует отметить, что разделить биокоррозию и электрохимическую коррозию во многих случаях без проведения специальных микробиологических анализов практически невозможно, тем более в водных средах, где механизм микробиологической коррозии является в основном электрохимическим.

Коррозионному разрушению в водной среде подвергаются не только малоуглеродистые стали, но иногда и нержавеющие стали, сплавы меди, кислотоупорные стали, алюминиевые сплавы и свинец под действием микроорганизмов. При этом селективное повреждение нержавеющих сталей связано с тем, что хром и никель, входящие в их состав, вступают в реакции комплексообразования с продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, в том числе с органическими кислотами, аминокислотами, сульфополипидами и другими соединениями.

О тесной связи электрохимической и биокоррозии свидетельствуют многочисленные факты неэффективности применения обычных ингибиторов коррозии без использования биоцидов, убивающих коррозионно-активные микроорганизмы, которые способны участвовать в процессах электрохимической коррозии малоуглеродистых сталей, интенсифицируя их [4]. При этом в проточных условиях биокоррозия локализуется, прежде всего, в областях металлической поверхности, имеющих металлургические и технологические дефекты в виде микроскопических трещин, неровностей, плохих сварных швов и т.д. [5].

Процесс микробиологической коррозии можно условно разделить на:

- транспортировку микроорганизмов из воздуха, воды, почвы или с загрязненных поверхностей на поверхность металлоконструкций;
- адсорбцию микроорганизмов и загрязнений на поверхности металлов.
- рост популяций микроорганизмов на поверхности металлоконструкций и образование биопленок.

Размножаясь, популяции бактерий изменяют физико-химические свойства среды. Эта стадия сопровождается появлением коррозионноактивных продуктов и локальным накоплением метаболитов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей, ферментов и других веществ). Аэробные и факультативно анаэробные виды бактерий, населяющие поверхностные области биопленки, стимулируют биодegradацию металла, создавая питание и физико-химические условия, необходимые для роста и активности сульфатредуцирующих бактерий под биопленкой, где они затем являются основными инициаторами анаэробной коррозии металла.

Бактерии в коррозионном процессе могут являться деполяризаторами. При этом коррозионные реакции являются частью метаболического цикла бактерий. Например, поглощая водород с поверхности металла, сульфатвосстанавливающие бактерии способствуют ускорению деполяризации катода, усиливают тем самым электрохимическую коррозию. Для самих бактерий ферментативный перенос электронов является частью их энергетического обмена. С каждым эквивалентом водорода, потребляемым бактериями, в раствор переходит один эквивалент Fe^{2+} , образуя гидроксиды железа и FeS .

Воздействие микроорганизмов на металлы также реализуется при появлении образований и отложений, представляющих собой некоторую массу, плотно прилегающую к металлической поверхности. Под этой массой создаются анаэробные условия, вследствие чего между участком, лишенным кислорода и более аэрированными краями массы возникает концентрационный элемент. Микроорганизмы, развивающиеся под массой отложений, поглощают оставшийся там кислород, что, главным образом, и увеличивает разницу в концентрациях кислорода на рассматриваемых участках.

Следует отметить важную роль в этом процессе физиологической группы железокисляющих бактерий, образующих плотные образования, а также отложения в виде нерастворимых оксидов и гидроксидов железа, что способствует созданию анаэробных зон и развитию сульфатовосстанавливающих бактерий.

Кроме этого, возможно разрушение микроорганизмами защитных покрытий на металле как способ участия в коррозионном процессе. На практике все эти факторы могут действовать на металл в различных сочетаниях в зависимости от реальных условий [2,5].

Применяются следующие способы борьбы с коррозией:

- ✓ легирование металлов;
- ✓ электрохимическая защита (катодная, анодная);
- ✓ применение защитных покрытий на основе неорганических (металлических: Zn, Ni, Cr, Cu, Cd, Al и др.; неметаллических: силикатных, цементных, оксидных, хроматных, фосфатных и др.) и органических веществ (лакокрасочные противокоррозионные покрытия, футеровки пластмассами, полимерные покрытия и другие);
- ✓ использование ингибиторов и пассиваторов коррозии;
- ✓ регулирование концентраций кислорода и других примесей (путем устранения застойных зон);
- ✓ повышение требований к качеству подпиточной воды и металлических конструкций (чистоты металлов и сплавов, применения коррозионно-стойких сплавов, рационального конструирования и пр.).

В последнее время стали применять металлические трубы с полимерным покрытием или изготовленные из полимерных материалов, которые не подвергаются электрохимической коррозии, но биокоррозия их возможна. Кроме того, необходима защита от коррозии других металлических конструкций в системах оборотного водоснабжения, особенно теплообменного оборудования, а также защита всех конструкций от солеотложений и биообразований.

Для предотвращения отложений применяют и методы физического воздействия, например, магнитную и акустическую обработку воды, хотя эффективность действия этих методов по предотвращению отложений не превышает 70-80%.

Борьбу с коррозией, вызываемой микроорганизмами, проводят различными методами. Для предотвращения попадания микроорганизмов проводится фильтрация, сорбция, а при загрязненных водах подпитки – физико-химическая очистка коагулянтами и флокулянтами. Для предотвращения адсорбции микроорганизмов, попавших в систему, их роста и образования биопленок, а также предотвращения контакта микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности с защищаемой поверхностью металла проводят очистку поверхностей и используют защитные покрытия, часто включающие биоциды.

Основные методы защиты от биокоррозии и биообразований – обеззараживание воды активным хлором и биоцидами.

В оборотных системах охлаждения с большими объемами воды для уничтожения микрофлоры обычно проводят обеззараживание воды раствором гипохлорита натрия. Активный хлор, являясь сильным окислителем, разрушает органические вещества и микрофлору, но продукты неполного их окисления в дальнейшем являются питательной средой для оставшихся и вновь появляющихся водорослей и бактерий. Обработка воды

активным хлором обычно проводится периодически, частота ее различна и колеблется от 3 раз в день до одного раза в месяц. Однако при обеззараживании воды активным хлором всегда происходит усиление коррозии сталей, так как образующиеся хлорид-ионы являются активаторами коррозии. Поэтому рекомендуется этот процесс проводить в течение короткого промежутка времени, но достаточного для обеззараживания воды, и при коррозионном контроле циркулирующей воды в натуральных условиях.

Ультрафиолетовое облучение эффективно для обеззараживания не очень загрязненной циркулирующей воды. Этот метод следует применять в системах, где предусмотрена хотя бы частичная фильтрация и/или физико-химическая очистка циркулирующей воды.

В связи с высокой стоимостью биоцидов, обычно их применяют периодически в период паводков, летом и при случайных загрязнениях. Эти вещества действуют на уровне живых клеток и влияют на их развитие. В качестве биоцидов, многие из которых являются и поверхностно-активными веществами, а некоторые одновременно являются и ингибиторами коррозии металлов, применяют: производные четвертичного аммония, замещенные соли гуанидина, некоторые аминопроизводные и производные альдегидов. Для того, чтобы биоциды действовали эффективно, остаточная концентрация этих веществ должна сохраняться после длительного контакта, а в случае биостатов – сохраняться постоянно.

В последние десятилетия наиболее распространен комплексный метод борьбы с коррозией и различными видами отложений в оборотных системах охлаждения – коррекционная обработка воды с применением композиций реагентов, содержащих ингибиторы солеотложений, коррозии (ИК), диспергаторы, поверхностно-активные вещества (ПАВ) и биоциды. Поверхностно-активные вещества уменьшают поверхностное натяжение воды, улучшают процессы тепло- и массообмена в системе, облегчают доступ диспергаторов и биоцидов к загрязнениям, что увеличит эффективность их действия. При применении этого метода примеси, имеющиеся в воде, а также соли- и биотложения не удаляются из системы, а переводят в такое мелкодисперсное состояние, при котором не только не происходят отложения на поверхностях системы, в том числе и теплообменных, но даже может происходить разрушение и очистка поверхностей от имевшихся в системе отложений. С этой целью в циркулирующую воду вводят различные композиции реагентов, т.к. установлено явление синергизма – взаимного усиления защитного действия смеси ингибиторов, даже при более малых дозах, по сравнению с действием каждого ингибитора, введенного отдельно. Иногда дополнительно используют и методы физического воздействия на воду, указанные выше.

Следует заметить, что для борьбы с биообрастаниями и защиты от них гидросооружений также не может быть рекомендован какой-либо один универсальный метод. Выбор метода определяется видовым составом организмов, образующих биообрастания, сезонностью их размножения и развития, наличием в образовании обрастаний, а также конкретными местными условиями.

Биообрастания и осадки, включающие продукты коррозии и солеотложения, ухудшают эксплуатационные показатели систем, сужая просветы трубопроводов и уменьшая теплопередачу в системах охлаждения. Многие микроорганизмы-образователи являются условными патогенами, а продукты жизнедеятельности или распада микроорганизмов могут образовывать токсичные хлорорганические соединения в процессе обработки систем хлором. Вместе с этим необходимо отметить, что основными агентами в процессе биокоррозионного разрушения материала металлоконструкций, в том числе трубопроводов, являются группы бактерий-автотрофов, не учитываемые в санитарно-гигиенических показателях качества воды.

Во всех случаях применения реагентов для коррекционной обработки разных типов вод следует учитывать, что их количество не должно превышать значений предельно

допустимых сбросов (ПДС) в канализацию или источник. Поэтому необходимо перед внедрением сложной композиции реагентов предварительно провести лабораторное тестирование их совместимости и эффективности действия ингибиторов при концентрациях меньших, чем концентрации, допустимые ПДС.

Мероприятия, направленные на предотвращение коррозионных потерь, одновременно являются экологическими мероприятиями. В свою очередь, большинство усилий, направленных на защиту окружающей среды так или иначе способствуют уменьшению ущерба от коррозии.

Таким образом, в настоящее время синтезировано большое число новых комплексонов, комплексонов, биоцидов и других веществ для предотвращения коррозии, солеотложений и биообрастаний в водооборотных системах охлаждения, а также различных композиций на их основе. Однако универсального реагента или даже сложного состава реагентов для разных типов вод не существует. Вряд ли универсальное средство возникнет, так как каждая водооборотная система индивидуальна из-за специфики составов воды подпитки, циркулирующей воды и конструктивных особенностей системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всё о коррозии: Терминологический справочник / Мамулова И.С., Сухотин А.М., Сухотина Л.П., Флорианович Г.М., Яковлев А.Д.; под ред. Сухотина А.М. – СПб: Химиздат, 2000. – 520 с.
2. Благник Р., Зенова В. Микробиологическая коррозия. – М.-Л.: Химия, 1965. – 224 с.
3. Борщевский А.М., Беликова Т.Д., Павловец Н.М. // Защита металлов. – 1994. – Т. 30, – № 4. – С. 364-368.
4. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник. В 2-х т. / Под ред. Герасименко А.А. – М.: Машиностроение, 1987. – Т. 1. – 687 с. – Т. 2. – 783 с.
5. Экологические аспекты коррозии / Тищенко Г.П., Алексеева В.А., Тищенко И.Г. и др. – М.: НИИТЭХим, 1992. – 68 с.

УДК 621.311/.472(476)

Краевич Д.Ф.

Научный руководитель: преподаватель Панасюк З.Н.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСИ

На сегодняшний день нас всех пугают энергетическим кризисом, и это не напрасно, так как по последним подсчётам учёных, энергоресурсов осталось буквально на 800 лет, а если развитие общества будет развиваться такими темпами как сейчас, то ресурсов вовсе хватит на 130 лет. Эта проблема заинтересовала меня, и я решил произвести собственный анализ, сделав упор на альтернативные источники энергии, как гарант энергетической и экономической безопасности.

В мире существует множество возобновляемых источников энергии, такие как энергия солнца, земли, ветра, и воды.

Если мы научимся хотя бы 0,01 солнечной энергии, которую получает земля, накапливать, то можно будет вовсе отказаться от нефти, газа и других невозобновляемых источников энергии.

Весьма популярна энергия ветра. Вот, например, если в США хотя бы в 3-х штатах использовать ветровые установки, то это смогло бы обеспечивать всю страну энергией круглый год. Германия получает от ветровых установок 30% требуемой энергии.

Но эти источники не сравнятся с геотермальной энергией. Если мы будем использовать геотермальную энергию, то вся планета не будет испытывать энергетического кризиса на протяжении 4000 лет.

Волны и приливы обладают весьма значительными энергоресурсами. Вот, например, в Великобритании сейчас доступно 42 места, где можно установить спецтурбины, которые будут выдавать 30% энергии, потребляемой Великобританией.

Что касается Республики Беларусь, у нас также используются альтернативные источники энергии, но их можно пересчитать по пальцам, так как они используются лишь в экспериментальных интересах. Это связано с тем, что Беларусь обладает небольшим потенциалом альтернативной энергии. Но всё же находятся энтузиасты, которые с этим не соглашаются. Вот, например, в г. Бресте имеется одна установка, которая находится в районе д. Катин бор. Решиться на подобный эксперимент может далеко не каждый. Ветровая турбина – «игрушка» не из дешевых. И как там еще она себя покажет, неизвестно. Белорусская наука до сих пор не дала в руки практикам надежного руководства к действию. Достоверное представление о ветроэнергетическом потенциале той или иной территории можно сформировать только многолетними наблюдениями за среднемесячной и среднегодовой скоростью ветра, его повторяемостью и направлением, данными о порывистости, затишьях и максимальных значениях, изменениях его с высотой. В середине 1990-х годов научно-исследовательское проектно-изыскательское предприятие «Белэнергосетьпроект» представило свою разработку карт ветрового потенциала на территории Беларуси. Но эти данные нуждаются в обновлении и уточнении. СП «БелТрансОйл» не претендует на некую научную ценность своего опыта в этом деле. Но почему бы и не рискнуть, если итальянские учредители предприятия, которые занимаются производством таких установок у себя на родине, предложили ветровую турбину на выгодных условиях – по себестоимости (за 12 тыс. долларов) и в рассрочку на пять лет. За полтора года ветряк, установленный на автозаправке «БелТрансОйл» в 7 километрах от погранперехода «Козловичи», стал неким брендом, узнаваемым элементом пейзажа. Его лопасти длиной 3,6 м изготовлены из винилэфирной смолы, армированной стекловолокном. Они выполняют функцию перехвата энергии ветра и трансформации ее в механическую энергию вращения. Воздушная турбина весом 800 кг крепится на стальной башенной опоре высотой 17 м. Принцип действия установки прост: кинетическая энергия ветра преобразуется в электрическую, которая с помощью преобразователя переменного тока в постоянный и наоборот подается в электроустановку. Оптимальной для работы установки считается скорость ветра 12,5 м/сек., а минимальной – 3,5 м/сек. Энтузиасты планировали что эта установка будет покрывать все расходы на энергозатраты местной заправочной станции. А окупится она через 3 года. В результате эксперимент закончился неудачей. В связи со слабым ветровым потоком установка покрывает лишь 10% энергозатрат, а окупаемость увеличилась до 10 лет.

В Беларуси основной упор делается на ядерную энергетику. В связи с этим я решил произвести расчёт. Что нам экономически выгоднее, построить АЭС или построить п-е число ветровых систем?

Стоимость АЭС, которую планируют построить в РБ, примерно 8-12 млрд \$, а мощность 1-го реактора 2 млрд кв/ч. Средняя стоимость ВЭУ = 1,2 млрд \$ а мощность 1500 кв/ч отсюда следует, что нам надо построить 660000 ВЭУ чтобы достичь мощности в 1 млрд кв/ч. Следовательно АЭС дешевле в 100 раз.

В заключение хотелось бы сказать, что путь выхода из энергетического кризиса и получение экономической независимости для РБ на данный момент – только через постройку АЭС, а альтернативные источники – это наша надёжная страховка в энергокризисе.

ЛИТЕРАТУРА

1. ITSM online: www.belmarket.by 28.03.2009/
2. «Энциклопедия маркетинга»: www.ximik.info, 03.04.2009.
3. Online: www.inforse.dk 04.04.2009.
4. www.Reenegy.by 25.03.2009.

ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ВОДНОГО РЕЖИМА МАЛЫХ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ Р. ЖАБИНКА)

Водным ресурсам присуща динамика, а их комплексное и рациональное использование невозможно без прогноза колебаний и изменений во времени. Характер колебаний водных ресурсов определяется климатическими факторами, но начиная со второй половины XX века, роль антропогенной составляющей в ряде случаев становится соизмеримой с природными воздействиями. Это не могло не сказаться на факторах формирования стока малых рек, их гидрологическом режиме и гидроэкологическом состоянии. Одним из наиболее мощных антропогенных факторов воздействия на речной сток являются крупномасштабные гидротехнические мелиорации. Так, использование осушенных мелкозалежных торфяников под пропашные культуры привело к сработке верхнего торфяно-болотного слоя почвы, на поверхность выступили минеральные подстилаемые грунты, что не могло не сказаться на трансформации водного режима рек, в бассейнах которых произошли подобные трансформации ландшафтов.

Целью настоящего исследования является оценка изменений водного режима рек, вызванных деградацией и сработкой торфяно-болотных почв, находящихся под сельскохозяйственным использованием и подстилаемых различными по механическому составу минеральными грунтами, в зависимости от занимаемой ими площади.

Модельным объектом выбран бассейн р. Жабинка, в рамках которого проведены гидролого-климатические исследования.

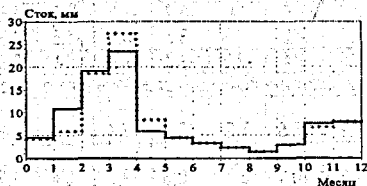
Для оценки трансформации водного режима рек, вызванной климатическими колебаниями и антропогенными воздействиями, использованы материалы стационарных гидрологических и климатических наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и окружающей среды Республики Беларусь, опубликованные в государственных кадастрах.

Воднобалансовые исследования речных водосборов выполнены с использованием метода гидролого-климатических расчетов (ГКР), разработанного В.С. Мезенцевым, основанного на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов [1, 2].

Метод ГКР реализован в виде компьютерной программы «Баланс». Моделирование водного баланса исследуемой реки осуществляется в два этапа: настройка модели и собственно моделирование.

Результаты моделирования среднемноголетнего годового стока и его внутригодового распределения представлены на рис. 1.1.

Хорошее совпадение измеренного и рассчитанного стока свидетельствует о корректности модели. Полученные параметры модели использованы при проведении численного эксперимента.



— сток с торфяно-болотных почв, --- сток с минеральных почв

Рис. 1.1 — Измеренный и рассчитанный сток р. Жабинка в створе г. Жабинка

Далее моделировался климатический сток на водосборе р. Жабинка с различных подстилающих поверхностей и сопоставлялся с климатическим стоком с торфяно-болотных почв (рис. 1.2).

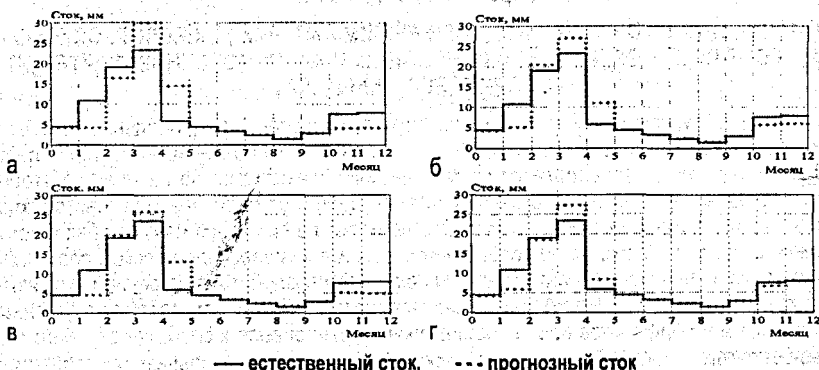


Рис. 1.2 – Сток в бассейне р. Жабинка с различных по механическому составу подстилающих поверхностей: а – песок, б – супесь, в – суглинок, г – глина

Смоделированные гидрографы стока показывают, что наибольшие различия в трансформации стока наблюдаются при сработке торфяников подстилаемыми песками.

Следующим этапом являлась оценка трансформации речного стока в зависимости от величины площади сработки торфяно-болотных почв. Численный эксперимент проведен для следующих условий: на 10%, 20%, 30% площади водосбора произошла сработка торфяно-болотных почв, и на поверхность выступили минеральные грунты. При этом рассматривалось 4 вида подстилающих минеральных почвогрунтов: песок, супесь, суглинок и глина. Результаты численного эксперимента представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Изменение стока р. Жабинка – г. Жабинка в % от естественного при различных сценариях сработки торфяно-болотных почв

Вид подстилающей поверхности	Месяцы											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Сработка торфяно-болотных почв на территории 10% от площади водосбора												
песок	2,8	2,6	5,6	2,5	-6,4	-6,3	-3,1	1,8	1,8	2,3	3,8	1,8
супесь	1,5	1,4	3,5	1,5	-3,5	-2,5	-2,2	0,6	0,5	-1,2	2,1	0,7
суглинок	0,4	0,4	1,4	-0,1	-1,7	-0,2	-0,6	0,9	0,1	0,9	0,9	0,2
глина	-0,2	-0,2	0,6	-1,2	-1,3	1,5	0,6	1,6	0,0	0,3	0,4	0,0
Сработка торфяно-болотных почв на территории 20% от площади водосбора												
песок	4,9	4,5	9,5	4,2	10,5	10,2	-5,2	1,9	1,8	3,5	8,4	3,7
супесь	2,8	2,6	7,6	2,9	-8,2	-7,6	-5,3	1,6	0,8	2,6	4,4	2,1
суглинок	0,7	0,7	2,2	-0,3	-3,7	-0,5	-1,5	1,7	0,6	-1,3	1,8	0,4
глина	0,0	0,0	1,4	-2,2	-2,3	3,2	1,4	2,8	0,2	0,8	1,0	0,0
Сработка торфяно-болотных почв на территории 30% от площади водосбора												
песок	8,5	8,2	18,5	7,2	18,0	17,4	-7,8	2,8	2,6	5,4	10,3	6,2
супесь	4,5	4,2	10,1	3,7	10,3	-9,7	-5,4	1,2	0,7	2,9	7,1	3,8
суглинок	1,2	1,3	3,2	-0,6	-4,2	-0,9	-0,8	2,4	0,5	1,6	1,9	0,7
глина	0,0	0,0	1,8	-3,1	-3,2	4,1	2,8	4,2	0,6	1,1	-1,2	-0,1

Из данных табл. 1.1 видно, что наибольшее изменение стока вследствие выработки торфа на заболоченной территории характерно для максимальной исследуемой площади, занимаемой торфяниками и равной 30% всей площади водосбора. Причем в наибольшей степени изменению стока подвержены заболоченные территории, на которых торф подстиляется песком.

График отклонения годового стока р. Жабинка – г. Жабинка в % от естественного при различных сценариях сработки торфяно-болотных почв представлен на рис. 1.3.

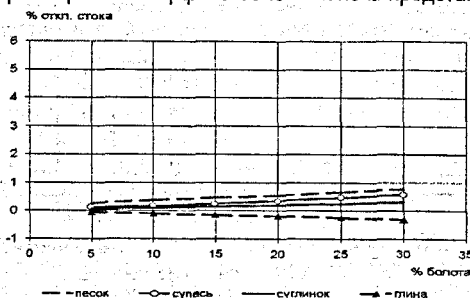


Рис. 1.3 – Отклонение годового стока р. Жабинка – г. Жабинка в % от естественного при различных сценариях сработки торфяно-болотных почв

В связи с прогнозируемым изменением климата нами выполнен численный эксперимент для оценки влияния на речной сток трансформаций ландшафтов при тех или иных сценариях развития климата. Основываясь на анализе существующих в настоящее время оценок возможного изменения климата, при исследовании изменения стока р. Жабинка в замыкающем створе г. Жабинка принимались варианты с изменением температуры воздуха и атмосферных осадков варианты [5, 6].

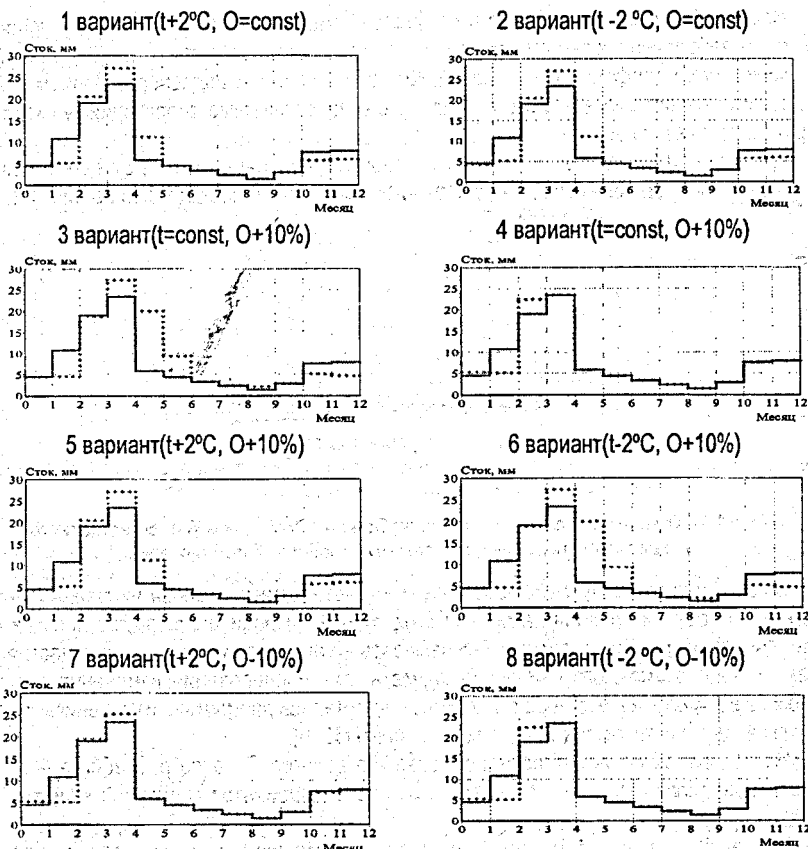
Численный эксперимент по моделированию водного баланса р. Жабинка – г. Жабинка проводился отдельно для каждого из восьми вариантов сценариев климата, как показано на рис. 1.4.

При анализе рис. 1.4 можно констатировать, что изменение климата приведет к трансформации стока рек. Причем, изменение суммарных годовых атмосферных осадков повлияет на сток в большей степени, чем изменение средней годовой температуры воздуха. В течение года максимальная трансформация стока произойдет в теплый период года.

При оценке изменений водного режима, вызванных деградацией и сработкой торфяно-болотных почв с различных подстилающих поверхностей в зависимости от занимаемой ими площади, установлено, что наибольшей трансформации стока подвергнутся бассейны, на которых произойдет сработка торфа, подстилаемого песком, на 30% всей площади водосбора. Причем, среднее годовое значение стока воды изменится незначительно, но произойдет существенное внутригодовое перераспределение стока.

Результаты численного эксперимента по моделированию стока воды рек в условиях изменяющегося климата показали, что годовые значения речного стока изменятся на 10-20%, а для наиболее экстремальных вариантов – на 30-40%.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья, что требует разработки компенсационных мероприятий для поддержания речных экосистем в равновесном состоянии.



— естественный сток, --- прогнозный сток
 Рис. 1.4 – Естественный и прогнозный сток в бассейне р. Жабинка для различных сценариев изменения климата

ЛИТЕРАТУРА

1. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 168 с.
2. Мезенцев В.С., Белоненко Г.В., Карнацевич И.В., Лоскутов В.В. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях. – Омск, 1980. – Ч. I. – 80 с.
3. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.
4. Изменение климата Беларуси и его последствия / В.Ф. Логинов, Г.И. Сачок, В.С. Микуцкий, В.И. Мельник, В.В. Коляда; Под общ. ред. В.Ф. Логинова; Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси. – Мн.: ОДО «Тонпик», 2003. – 330 с.
5. Волчек А.А., Парфомук С.И. Оценка трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья под воздействием природных и антропогенных факторов (на примере р.Ясельда). – Бр.: Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, 2008. – 12 с.

ВОПРОСЫ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ФРУКТОВЫХ САДОВ

Последние годы характеризуются неустойчивостью режимов естественного увлажнения почвы. Даже кратковременные засушливые периоды способствуют ухудшению условий влагообеспеченности с.-х. культур. Необходимо создание современных совершенных мелиоративных систем, с применением инновационных технологий и материалов, сооружений, оборудования. Потребность в увеличении количества фруктов отечественного производства требует создания высокопродуктивных садов, которые отличаются повышенной требовательностью к влаге.

Орошение овощных, цветочных культур, садов значительно автоматизировалось за счет использования в наши дни необходимого оборудования. Проекты современных оросительных систем приобретают все большую популярность за счет своей высокой урожайности. На сегодняшний день наиболее распространенным способом является капельное орошение. Этот способ позволяет равномерно доставлять воду и питательные вещества непосредственно к корневой системе.

В существующих системах, построенных в Беларуси и вновь запроектированных для орошения садов, способ полива – капельное орошение с поверхностным водораспределением. Сущность этого способа орошения заключается в малоинтенсивной подаче оросительной воды из микроводовыпусков – капельниц непосредственно в зону развития корневой системы плодовых насаждений. Поливная сеть состоит из капельных трубок диаметром 16 мм с капельницами Аква ПС 16/35/1,2. Производительность капельниц – 1,2 л/час, минимальный требуемый напор 7 м, максимальный – 35 м.

Нами в дипломном проекте рассмотрен вариант проекта фруктового сада РУП «Полесьегипроводхоз» в 2006 году д. Яновцы Пружанского района. План системы представлен на рис. 1. Оросительная сеть в плане запроектирована с учетом рельефа местности, конфигурации участка орошения и увязана со схемой посадки сада 4×1,5 м. Сеть предусмотрена туликовой и состоит из подземных магистральных и распределительных трубопроводов и надземных капельных трубок с капельницами Аква ПС 16/35/1,2.

Магистральные и распределительные трубопроводы запроектированы из труб НПВХ диаметром 160 мм на давление 0,63 МПа и из труб полиэтиленовых из ПЭ63 и ПЭ80 диаметром 40...110 мм на давление 0,6 МПа.

Расстояние между капельницами на поливных трубках – 0,75 м, расстояние между капельными линиями равно ширине междурядий для плодовых насаждений и составляет 4 м.

Капельные трубки размещаются вдоль рядов сада и крепятся к нижнему ряду шпалерной проволоки на высоте 0,5 м над землей с помощью крючков через 2 м.

Для подключения наземных капельных трубок к подземным распределительным трубопроводам устраиваются гидранты.

Для подземных трубопроводов на зимний период и для ремонта в пониженных точках устраиваются опораживающие гидранты. На туликах и поворотах подземных трубопроводов предусматривается установка бетонных упоров.

Поддержание плодовых деревьев во время плодоношения и против ветра вдоль их рядов предусмотрено устройство шпалерных ограждений. Проволока диаметром 5 мм проходит на высоте 0,5 м и 1,6 м над землей и крепится к ж/б столбам.

Вывоз сельскохозяйственной продукции осуществляется по двум запроектированным внутриквартальным дорогам с гравийно-песчаным покрытием общей протяженностью 2,54 км, шириной проезжей части 3,5 м и шириной обочины 1,5 м.

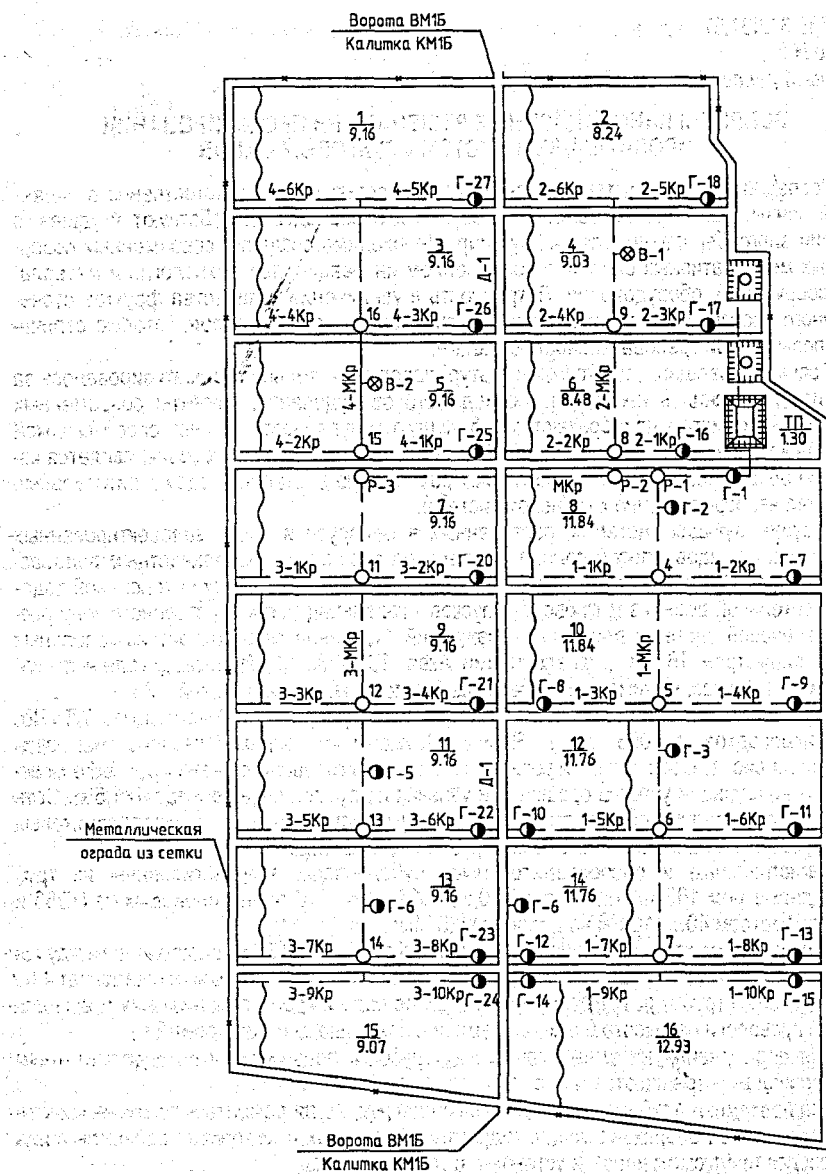


Рис. 1 – План оросительной системы

Закрытая оросительная сеть составляет 12,152 км, а капельная линия – 445,71 км. Источником орошения являются две артезианские скважины общим дебитом 40 м³/час, вода из которых аккумулируется в регулирующем бассейне полезной емкостью 40 тыс.м³. Наполнение бассейна производится по водоводу из полиэтиленовых труб.

Режим орошения разработан с учетом нормативных документов и рекомендаций на год 95% обеспеченности дефицита водопотребления.

Нами предложена схема капельного орошения фруктового сада с заменой капельных линий с капельницами типа Аква ПС16/35/1,2 капельной лентой. Эта лента позволяет обеспечить максимально правильный и оптимизированный полив на участках любой сложности. На рис. 2 представлена капельная лента.

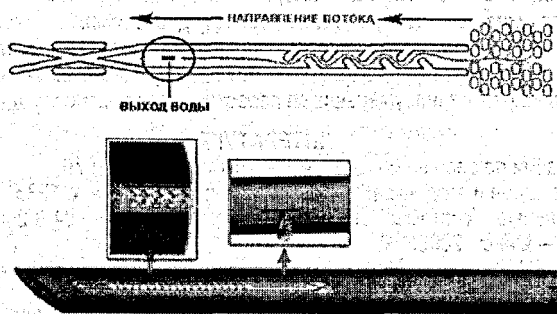


Рис. 2 – Схема капельной ленты

Монтаж капельной ленты прост. Она может прокладываться на глубину 20-60 см в почву или укладываться по поверхности почвы вдоль деревьев.

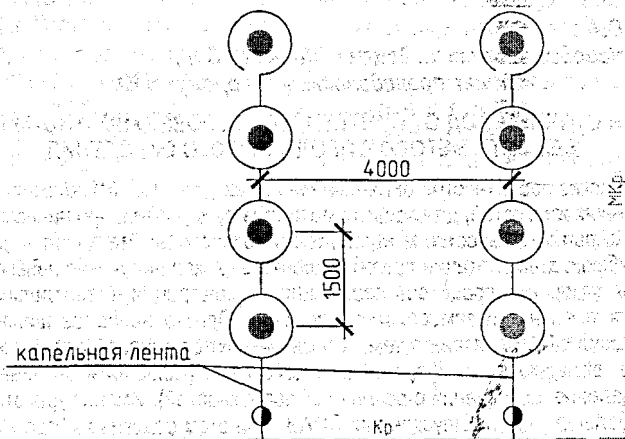


Рис. 3 – Схема расположения капельной ленты

Для поддержания капельных трубок требуется шпалерная система, которая не позволяет перемещаться между деревьями. А также требуются дополнительные затраты на ее устройство.

Капельная лента позволяет более эффективно подавать влагу к корням деревьев, располагаясь вокруг дерева. Входное отверстие ленты присоединяется к источнику воды (гидранту), а выходное отверстие заглушается, что заставляет воду просачиваться через капилляры в ленте. Напор регулируется таким образом, чтобы вода просачивалась через капилляры, но не возникало избыточное давление. Первый пуск воды в систему рекомендуется производить плавно, чтобы не повредить ленту.

Система проста в уходе. Несколько раз за сезон рекомендуется промывать систему, удалив заглушку с выходного отверстия. Перед наступлением заморозков из системы необходимо слить всю воду.

Таким образом, заменив капельницы капиллярным шлангом, мы имеем:

1. Отпадает необходимость в устройстве капельниц.
2. Не требуется трубопровод для капельниц.
3. Нет необходимости устройства шпалер.
4. Появляется возможность перемещаться между деревьями.
5. Увлажнение почвы осуществляется по всему контуру корневой системы.

Учитывая все это, можно утверждать, что совокупные капитальные вложения уменьшаются, а следовательно, уменьшится себестоимость с.-х. продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по орошению садов в Беларуси. – Горки, 1979.
2. Орошение садов и ягодников. Справочное пособие. – Минск, 1985.
3. Мелиоративные системы и сооружения: ТКП 45-3.04-8-2005 // Нормы проектирования. – Минск, 2006.
4. Винникова Н.В. и др. Мелиорация и техника полива с.-х. культур. – М.: Россельхозиздат, 1976.
5. Маслов Б.С. Справочник мелиоратора. – М.: Россельхозиздат, 1980.
6. СНБ 2.04.02-2000.

УДК 628.3

Грачикова Ю.А.

Научные руководители: к.т.н., доцент Житенев Б.Н.,
ст. преподаватель Сторожук Н.Ю.

ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ПРОДВИНУТОГО ОКИСЛЕНИЯ

Синтетические поверхностно-активные вещества (сокр. СПАВ) применяют для получения смазочных жидкостей, для защиты металлов от коррозии, при нанесении электролитических покрытий, в качестве компонентов лакокрасочных материалов, для увеличения нефтедобычи, для флотации при обогащении руд, для получения пены при тушении пожаров, для ускорения процессов осаждения и фильтрации, в текстильной промышленности для крашения и замасливания волокон. Однако наиболее широкая область распространения СПАВ связана с тем, что они являются основой синтетических чистящих средств, обладающих универсальным действием (моющая и отбеливающая способность, удаление загрязнений с различных поверхностей). Именно для этих целей используется большая часть выпускаемых СПАВ. При этом основная масса из производимых моющих средств падает на изготовление композиций для домашней стирки. Ассортимент СПАВ и области их применения неуклонно растут. В связи с этим влияние СПАВ на окружающую среду и живые организмы – важная экологическая проблема.

Большинство СПАВ обладают чрезвычайно широким диапазоном отрицательного влияния как на организм человека и водные экосистемы, так и на качество вод.

Прежде всего, они придают воде стойкие специфические запахи и привкусы, а некоторые из них могут стабилизировать неприятные запахи, обусловленные другими соединениями. Так, содержание в воде СПАВ в количестве 0,4-3,0 мг/дм³ придаёт ей горький привкус и мыльно-керосиновый запах [1].

В водные объекты СПАВ поступают в значительных количествах с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами. Концентрируясь в поверхностном мик-

рослое, эти вещества оказывают серьезное, а в ряде случаев определяющее влияние на вещественный обмен между водоемом и атмосферой.

СПАВ уменьшают поверхностное натяжение воды, образуя хлопья пены на ее поверхности при малейших возмущениях, препятствуют поступлению солнечной энергии, воздействуя на температурный режим водоема, снижают поступление кислорода в воду из атмосферы (при концентрации СПАВ около 1 мг/л поступление кислорода из воздуха в воду уменьшается примерно на 15%).

СПАВ разрушают слизистую оболочку у рыб, замедляют рост и развитие многих видов водной фауны.

Попавшая в водоёмы, СПАВ активно участвуют в процессах перераспределения и трансформации других загрязняющих веществ (таких как хлорофос, анилин, цинк, железо, пестициды, нефтепродукты, тяжёлые металлы и др.), активизируя их токсическое действие.

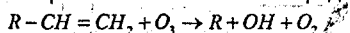
Кроме того, СПАВ угнетают процессы биохимического потребления кислорода, аммонификации и нитрификации. А синтетические моющие средства также принадлежат к основным источникам загрязнения воды фосфором, который входит в их состав в качестве наполнителя – триполифосфата натрия, что стимулирует развитие эвтрофирования водоема.

В настоящее время для очистки сточных вод, содержащих СПАВ, применяются следующие методы: адсорбция; коагуляция; флотация; биохимическая очистка; электрокоагуляция; физические методы (обработка в магнитном поле, ультразвук и пр.) [1, 2].

Для очистки сточных вод от СПАВ большие возможности имеет экологически «чистый» окислитель – озон. Представляя собой модификацию кислорода, озон, тем не менее, сильно от него отличается; например, он интенсивно окрашен, диамагнитен, ядовит и взрывоопасен. Реакции, в которых участвует озон, обычно протекают очень быстро, и это создает трудности для экспериментального исследования кинетики таких процессов. Вероятно, поэтому данным о кинетике реакций озона немного, и систематические исследования такого рода начали проводить только в последние годы.

Так как окислительный потенциал озона и диапазон разрушаемых им загрязняющих веществ больше, чем у других окислителей, наиболее глубокая очистка воды достигается именно с его помощью. Озон применяется для деструкции органических веществ в сточных водах целлюлозно-бумажных производств, разрушения хлорированных углеводородов, очистки стоков от фенолов, нефтепродуктов, синтетических поверхностно-активных веществ, нитросоединений, тетраэтилсвинца, канцерогенных веществ, циан- и ртутьсодержащих соединений, доочистки биологически очищенных вод, а также – доочистки бытовых вод [3].

Озон лучше растворяется в воде, чем кислород, в результате идет образование определенных радикалов, среди которых – очень активные ОН-радикалы.



В процессе озонирования воды происходит одновременное окисление СПАВ, обезвреживание; дезодорация, обезвреживание сточной воды и насыщение ее кислородом. Достоинством метода является то, что в воду обычно не вносятся химические реагенты. Окисление органических веществ озоном может протекать до образования таких промежуточных продуктов, как спирты, альдегиды, кетоны и кислоты; и более глубоко – до CO_2 и H_2O . Однако расход озона при этом существенно возрастает. В связи с этим перспективно выглядит метод продвинутого окисления, который основан на интенсификации процесса образования гидроксильных радикалов ОН· с целью окислительной деструкции СПАВ, включающего в себя последовательную обработку воды пероксидом водорода H_2O_2 и озоном. Добавление пероксида водорода при озонировании приводит к ускорению гидролиза озона и образованию ОН-радикалов, которые окисляют все ор-

ганические соединения, содержащие водород. Это позволяет не только повысить эффективность очистки сточных вод, но и снизить расход окисляющих агентов [4].

Для проверки эффективности очистки сточных вод от СПАВ методом продвинутого окисления на кафедре водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета были проведены исследования по удалению СПАВ из модельных растворов. Эти растворыготавливались на основе додецилсульфата натрия, являющегося анионоактивным СПАВ. Для приготовления раствора СПАВ с концентрацией 50 мг/л бралась навеска 50 мг додецилсульфата натрия и доводилась до 1 л водой. Для приготовления растворов другой концентрации количество додецилсульфата натрия бралось пропорционально. Для эффективного проведения озонирования необходимо было подобрать определенные условия: pH среды, время контакта, концентрацию окисляемых ПАВ.

Схема экспериментальной установки для исследования деструкции синтетических поверхностно-активных веществ озонном и пероксидом водорода показана на рис. 1. Она включает в себя концентратор кислорода, генератор озона, озонометр, контактную колонку с диспергатором, деструктор остаточного озона.

Концентратор кислорода забирает воздух из помещения, в котором находится озонатор, и отделяет кислород, который поступает в озонатор, где вырабатывается озон. При запуске озонатора озono-воздушная смесь подается в контактную колонку через диспергатор и равномерно распределяется в емкости, что позволяет улучшить контакт воды с озоном. Остаточный озон вместе с воздухом, скопившийся в верхней части рабочей емкости, поступает в деструктор, представляющий собой склянку Дрекселя, заполненную активированным углем. После окончания процесса обработки вода сливается в мерную емкость.

Ввиду большой окислительной способности озона, контактная колонка выполнена из стеклянной трубы диаметром 55 мм, фланцевые соединения – из нержавеющей стали, шланги – из фторопласта.

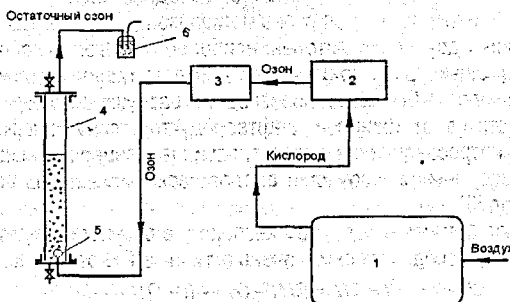


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки: 1 – концентратор кислорода; 2 – озонатор; 3 – озонометр; 4 – контактная колонка; 5 – диспергатор; 6 – деструктор остаточного озона

В контактную колонку заливался фиксированный объем исследуемой воды (от 0,5 до 1 л) и обрабатывался озоном. Количество озона, подаваемого в контактную колонку составляли от 1 до 20 мг на мг СПАВ. Время контакта озона со сточной водой принималось в зависимости от исходной концентрации СПАВ. Остаточная концентрация СПАВ в сточной воде определялась методом экстракции хлороформом в присутствии красителя акридинового желтого. Были использованы различные дозы озона при постоянной исходной концентрации СПАВ в исходной воде 44 мг/л. Экспериментально было установлено, что доза озона 8 мг на 1 мг СПАВ позволяет снизить концентрацию СПАВ на 67%, а доза 12 мг/мг – на 77% (рис. 2).

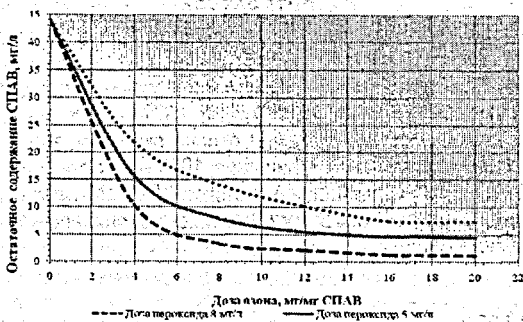
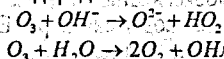


Рисунок 2 – Снижение концентрации СПАВ в зависимости от дозы озона

Однако дальнейшее увеличение дозы озона не приводит к значительному снижению концентрации СПАВ. После удаления 50-75% легкоокисляемых органических веществ скорость окисления оставшихся СПАВ резко падает. Это может быть объяснено тем, что озон при окислении органических соединений способен присоединять к ним атом кислорода. В результате могут образовываться такие загрязняющие вещества, как альдегиды, кетоны, фенолы, препятствующие дальнейшему снижению концентрации СПАВ.

Для интенсификации процесса окисления исследуемая вода предварительно обрабатывалась пероксидом водорода постоянной дозой 5 мг/л и 8 мг/л, а затем озоном различными дозами. Результаты представлены на графике (см. рис. 2).

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что сочетание озона с пероксидом водорода не только повышает эффективность очистки сточных вод, но и снижает расход окислителей. Добавление пероксида при озонировании приводит к усиленному гидролизу озона и образованию ОН-радикалов, которые окисляют все органические соединения, содержащие водород.



Была исследована эффективность снижения концентрации СПАВ при постоянной дозе озона и разных дозах пероксида водорода. Результаты представлены на рис. 3.

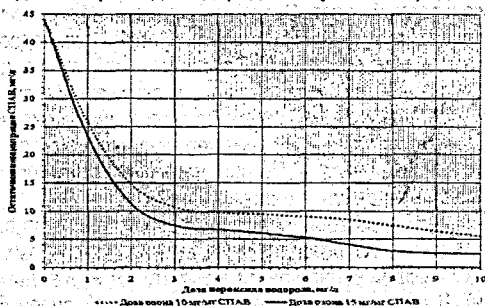


Рисунок 3 – Снижение концентрации СПАВ в зависимости от дозы пероксида водорода при постоянной дозе озона

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что сочетание озона с пероксидом водорода не только повышает эффективность очистки сточных вод, но и снижает расход окислителей, повышается скорость и глубина очистки, разрушаются токсические вещества, деструкция которых не достигается другими методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скурлатов Ю.И. Введение в экологическую химию / Ю.И. Скурлатов, Г.Г. Дука, А. Мизити – М.: Высшая школа, 1994. – 400 с.
2. Лукиных Н.А. Очистка сточных вод, содержащих синтетические поверхностно-активные вещества / Н.А.Лукиных. – М.: Стройиздат, 1972. – 98 с.
3. Сычев А.Я. Каталитические реакции и охрана окружающей среды / А.Я.Сычев, С.О.Травин, Г.Г. Дука, Ю.И. Скурлатов. – Кишинев, 1983. – 271 с.
4. Мунтер Райн. Очистка промышленных стоков / Райн Мунтер // Использование и менеджмент водных ресурсов. Программа Балтийского университета – Уппсальский университет, 2003. – С. 219-236.

УДК 551.465.7+581.526.3

Лацевич А.Н.

Научные руководители: к.т.н., доцент Ступень Н.С.,

д.г.н., профессор Волчек А.А., магистр естественных наук Мусюта Ю.Г.

РОЛЬ МАКРОФИТОВ В МОНИТОРИНГЕ МАЛЫХ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Мониторинг поверхностных вод на территории Республики Беларусь проводится в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды [1]. Оценка качества поверхностных вод ведётся по 35 гидрохимическим показателям и ингредиентам, а также проводятся гидробиологические наблюдения за состоянием основных сообществ пресноводных экосистем (фитопланктон, фитоперифитон, зоопланктон и макрозообентос). Сеть мониторинга поверхностных вод (из общего количества рек – 20 000 и озёр – 10 800) охватывает лишь 231 пункт (створа) наблюдений. Регулярными наблюдениями охвачено 118 водных объектов, в том числе 75 водотоков, включая крупные реки и большинство притоков первого порядка с рассредоточенными источниками сброса, и 43 водоёма (наиболее важные в рыбохозяйственном и рекреационном плане).

Цель работы – оценка качества воды малых рек Белорусского Полесья на примере реки Лесная. Предмет исследования – тяжёлые металлы. Методы исследования – фитоиндикация и атомно-абсорбционная спектроскопия.

Макрофиты – это растения, анатомически, морфологически и биологически приспособленные к обитанию в водной среде. Среди них выделяют 4 экологические группы: свободноплавающие неприкреплённые, плавающие прикреплённые, подводные, надводные.

Способность высших водных растений накапливать вещества в концентрациях, превышающих фоновые значения, зафиксированные в окружающей среде, обусловила их использование в системе мониторинга и контроля состояния окружающей среды [2]. Макрофиты чутко реагируют на малейшие колебания химического состава воды, кислотности, температуры, прозрачности. По ним можно не только определить состояние качества воды, но и гидроэкосистемы в целом.

В период с августа по ноябрь 2008 года, были проведены рекогносцировочные работы по р. Лесная и заложены 10 репрезентативных створов, на которых отобран индикационный материал (пробы высшей водной растительности (ВВР) и воды из придонных горизонтов водной толщи). В среднем по створу отобрано до 13 видов ВВР, типичных для водных объектов исследуемого региона и относящихся к четырем экологическим группам.

Тяжёлые металлы (ТМ) – это металлы, атомная масса которых больше 40. ТМ могут быть как макро-, так и микроэлементами, выполняя биогенную функцию, входя в состав многих белков, ферментов и т.д. Но, попадая в организм в больших концентрациях, переходят в разряд элементов-токсикантов, что приводит к различным нарушениям (физиологическим, биохимическим и т.п.), либо в критическом случае к гибели организма.

Тяжелые металлы (Pb, Cd, Cu, Mn, Zn, Fe, Ni, Co) определяли в аккредитованной лаборатории биохимии ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси» на атомно-абсорбционном спектрометре SOLAAR MkII M6 Double Beam, 2004 г. выпуска, производство Великобритания (химик-аналитик Мисюта Ю.Г.).

Использование экологических групп макрофитов в биомониторинге и оценке качества поверхностных вод обусловлена морфологическими и физиологическими особенностями входящих в них представителей. Так, для оценки антропогенного воздействия на водоём, в частности ТМ, в течение одного вегетационного периода удобно использовать свободноплавающие неприкрепленные макрофиты (*Lemna minor L.*, *Lemna trisulca*), вследствие того, что минеральное питание они получают из воды всей поверхностью тела. Прикрепленные макрофиты, как подводные, так и надводные получают минеральное питание не только через вегетативные органы растения из воды, но и из донных отложений через хорошо развитые корневища. Поэтому макрофиты, относящиеся к данным экологическим группам возможно использовать для оценки антропогенного воздействия в течение не только одного вегетационного периода, но и двух и более.

Таблица – Уровень накопления тяжелых металлов макрофитами реки Лесная

№ п/п	Экологическая группа макрофитов	Вид растения	Частота встречаемости, %	Превышение по элементам
1	свободноплавающие	Ряска малая (<i>Lemna minor L.</i>)	80	Ni
2	неприкрепленные	Ряска трёхдольная (<i>Lemna trisulca</i>)	20	Ni
3	свободноплавающие	Кубышка желтая (<i>Nuphar lutea (L.) Smith</i>)	60	Cu, Ni
4	подводные	Рдест плавающий (<i>Potamogeton natans</i>)	20	Cu, Ni, Zn, Fe
5		Элодея канадская (<i>Elodea canadensis Michx.</i>)	40	Ni
6	надводные	Манник тростниковый (<i>Glyceria arundinacea</i>)	80	Pb, Cu, Ni, Zn, Fe
7		Погоз узколистный (<i>Typha angustifolia L.</i>)	40	—
8		Камыш озерный (<i>Schoenoplectus lacustris (L.) Palla</i>)	40	Cu
9		Леерсия рисовидная (<i>Leersia oryzoides L. Sw</i>)	20	Cu, Fe
10		Ежеголовник прямой (<i>Spartanium erectum</i>)	100	Pb, Cu, Fe
11		Стрелолист стрелолистный (<i>Sagittaria sagittifolia L.</i>)	20	Cu, Ni
12		Сиелла прямостоячая (<i>Siella erecta</i>)	80	Ni
13		Жерушник земноводный (<i>Rappia amphibia</i>)	40	Ni

Наибольшей аккумулирующей способностью обладают рдест плавающий (*Potamogeton natans*), манник тростниковый (*Glyceria arundinacea*), ежеголовник прямой (*Spartanium erectum*), относящиеся к подводным и надводным макрофитам. Данные растения можно использовать для оценки качества воды малых рек Белорусского Полесья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень 2007 года / Под ред. В.Ф. Логинова. – Мн.: Минсктиппроект, 2008. – 376 с.
2. Власов, Б.П. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды / Б.П. Власов, Г.С. Гигевич. – Метод. рекомендации. – Минск: БГУ, 2002. – 84 с.

УДАЛЕНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ

Текстильная промышленность характеризуется высоким потреблением энергоресурсов, воды, химических материалов и является сильным источником загрязнения окружающей среды, в частности – водного бассейна. Производственные сточные воды текстильных предприятий содержат широкий спектр трудноудаляемых загрязнений: примеси суровых тканей; остатки волокон, шлихтующие препараты, красители, текстильно-вспомогательные вещества (ТВВ), щелочи, кислоты, синтетические поверхностно активные вещества (ПАВ), тяжелые металлы, органические растворители, формальдегид и др. Для решения проблемы очистки сточных вод текстильных предприятий используются различные методы очистки: нейтрализация, коагуляция, флотация, экстракция, сорбция, гиперфильтрация, электрохимическая очистка, биологическая очистка [1]. Одними из наиболее эффективных являются электрохимические методы.

Существует несколько способов электрохимической очистки: электрофлотация, электрокоагуляция с нерастворимыми анодами, электрокоагуляция с растворимыми анодами. В данном исследовании проверялась эффективность метода электрокоагуляции с растворимыми анодами из листового алюминия для удаления красителей из сточных вод. В качестве объекта исследований использовался раствор красителя, моделирующий по цветности реальный раствор, поступающий на очистные сооружения ОАО «Брестский чулочный комбинат». По данным этого предприятия, на локальные очистные сооружения поступают сточные воды с цветностью 1:250 по кратности разбавления. Допускаемая цветность сточных вод к сбросу в коммунальную канализацию составляет 1:20 по кратности разбавления. Также учитывалась концентрация хлоридов (400-500 мг/л) по данным предприятия. В соответствии с этими данными был приготовлен раствор красителя – (прямой алый светопрочный) с концентрацией 15 мг/л, содержащий также 500 мг/л хлорида натрия. Оптическая плотность данного раствора красителя составляла 1,2 (что соответствует цветности по кратности разбавления 1:250). Цветность по кратности разбавления 1:20 (допустимая к сбросу в коммунальную канализацию) соответствовала оптической плотности 0,09, и концентрации красителя – 1 мг/л. Выбор данного класса красителей обоснован тем, что значительную часть красителей используемых на ОАО «Брестский чулочный комбинат», составляют именно прямые красители, используемые для крашения пряжи и изделий из хлопчатобумажных и искусственных волокон.

Установка для осуществления метода электрокоагуляции, которая представляет собой стеклянный сосуд, в котором плоскопараллельно расположены четыре пластины из листового алюминия толщиной: 1 мм, длиной погруженной части электрода: 108 мм, шириной: 30 мм. Общая площадь межэлектродного пространства составляет: 97,2 см². Установка подключена к источнику постоянного напряжения величиной 14 вольт, сила тока измерялась прибором: ТЛ – 4 М. Напряжение в данных экспериментах не варьировалось, сила тока измерялась в течение каждого эксперимента несколько раз, после чего находилось усреднённое значение. Объём раствора красителя подвергаемого электрокоагуляции, составлял 700 см³.

Каждый эксперимент выполнялся в следующей последовательности: 700 см³ раствора красителя с исходной концентрацией 15 мг/л заливало в установку, после чего на электроды подавалось постоянное напряжение и начинался отсчет времени эксперимента, также снимались показания амперметра. Через заданное время источник пита-

ния отключался, проводилась фильтрация и определялась оптическая плотность фильтрата с помощью прибора ФЭК-56М.

Было установлено, что для красителя прямой алый светопрозрачный максимум поглощения находится в видимой области спектра в диапазоне 440 нано метров, что соответствует светофильтру № 4 прибора ФЭК – 56 М. Был построен калибровочный график зависимости оптической плотности от концентрации для данного красителя и светофильтра № 4 в диапазоне от 1-30 мг/л (рис. 1), с помощью которого в дальнейшем определялась оптическая плотность, и соответственно, концентрация обработанного раствора красителя.

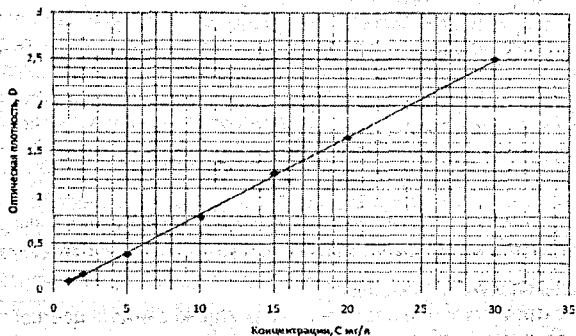


Рис. 1 – Калибровочный график зависимости оптической плотности от концентрации для данного красителя и светофильтра № 4

Особо необходимо остановиться на описании методики подготовки пробы раствора после электрокоагуляции перед определением его оптической плотности. Сложность заключается в том, что перед определением оптической плотности обработанного раствора из него необходимо удалить образующиеся в процессе коагуляции нерастворимые вещества: скоагулировавший краситель и нерастворимые продукты его разрушения, гидроксид алюминия. При этом использовать в качестве фильтрующих материалов фильтровальную бумагу или иные материалы, состоящие из целлюлозных волокон, нельзя, поскольку к данным материалам прямые красители обладает сродством, то есть избирательно поглощаются данными материалами из растворов, что приводит к значительной погрешности при дальнейшем определении оптической плотности. Поэтому для удаления нерастворимых примесей использовались керамические фильтры Шотта. На слайде изображён фильтр перед фильтрацией и после неё. Само же фильтрование осуществлялось под пониженным давлением с помощью вакуум-насоса.

В выполненных экспериментах исследовалось влияние количества электричества на единицу объёма обрабатываемого раствора с постоянной исходной концентрацией красителя 15 мг/л. Поскольку ток, проходящий через установку, во всех опытах оставался практически постоянным, варьирование количества электричества, проходящего через раствор осуществлялось изменением времени проведения электрокоагуляции. Исследовался диапазон времени от 1 до 20 минут, что соответствовало количеству электричества, пропущенного через раствор 15-300 Кл, на 700 см³ раствора. В пересчете на 1м³ это составляет от 21,4 до 428,6 ККл/м³.

Экспериментальные данные, представленные на рисунке 3, показывают, что с увеличением удельного количества электричества концентрация красителя в обработанном растворе вначале быстро уменьшается, но после достижения значения около 1,2 мг/л уменьшение концентрации замедляется. Это свидетельствует о том, что применение метода электрокоагуляции наиболее эффективно для обесцвечивания сточных вод с

высоким содержанием красителя. При этом концентрация красителя в обрабатываемом растворе падала от значения 15 мг/л (верхняя сплошная прямая на рис. 3, что соответствует цветности по кратности разбавления 1:250), до значения 1 мг/л (нижняя пунктирная прямая, что соответствует цветности по кратности разбавления 1:20) при пропускании порядка 220 Кило Кулон на 1 м³.

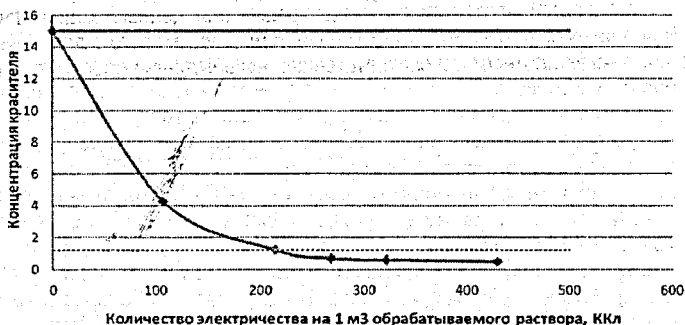


Рис. 3 — Зависимость концентрации красителя от удельного количества электричества

Были сделаны следующие выводы:

1. Способ электрокоагуляции позволяет эффективно снижать цветность сточных вод текстильных предприятий, обусловленную прямыми красителями, до показателей допустимых к сбросу в коммунальную канализацию.

2. Наибольший эффект при удалении прямых красителей из сточных вод при применении метода электрокоагуляции с растворимыми алюминиевыми анодами наблюдается в интервале 215-430 ККл на 1 м³ обрабатываемого раствора.

3. Метод электрокоагуляции легко осуществить в производственных условиях, для его проведения не требуются дефицитные материалы, сложное оборудование. При применении в производственных условиях на установках непрерывного принципа действия затраты электроэнергии на обесцвечивание 1 м³ сточных вод, содержащих прямые красители, должно составить от 0,25 до 0,5 кВт — ч на 1 м³ обрабатываемого раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков А.И., Мангайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. — М.: Стройиздат, 1977. — 204 с.

УДК 628.337(476)

Яловая Ю.С.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Строчак П.П.

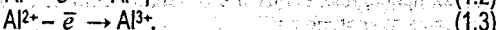
ОСОБЕННОСТИ АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Электрохимическое растворение металлов включает в себя две основные группы процессов: анодное растворение металлов и самопроизвольное химическое растворение в результате взаимодействия с раствором электролита. Анодное поведение металлов зависит от их природы, состава электролита, состояния поверхности и величины поляризации [1].

Процесс анодного растворения начинается с разрушения кристаллической решетки и заканчивается образованием ионов металла в растворе. Энергия удаления отдельного структурного элемента кристаллической решетки зависит от того места, которое он за-

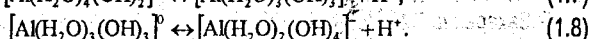
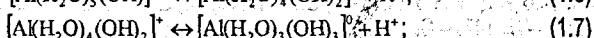
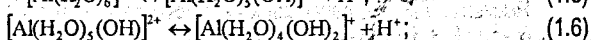
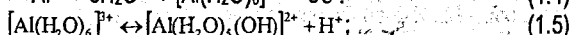
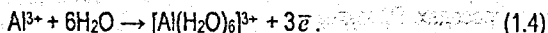
нимает на поверхности кристалла. Наименее прочно связаны структурные элементы, расположенные в углах кристалла, где каждый из них окружен только тремя ближайшими такими же элементами. Перевод такого структурного элемента решетки кристалла в раствор облегчается еще потому, что к нему может подойти наибольшее число молекул воды, поскольку три его стороны обращены к жидкой фазе. Удаление структурного элемента из ребра кристалла потребует преодоления связи уже с четырьмя соседями, а удаление элемента из любой точки на самой поверхности грани – с пятью ближайшими соседями. Подход молекул воды и возможность проявления их сил притяжения в этих случаях также более ограничены. Поэтому анодное растворение идеальных кристаллов начинается с углов и ребер кристалла и приводит к появлению поверхностных образований. Анодное растворение металла облегчается при появлении в структуре решетки дефектов, нарушений или дислокаций.

В результате действия внешнего электрического тока на алюминиевом аноде происходит окислительная электрохимическая реакция, в которой алюминий переходит в раствор в виде ионов, оставляя эквивалентное количество электронов в металле. По данным авторов работ [2,3], если реакция протекает с участием трех электронов, возможны три пути ее течения: с одновременным участием всех трех электронов, т.е. с осуществлением реакции в одну стадию; с участием двух электронов, а затем третьего или, наоборот, в две стадии; с участием каждого электрона в отдельности (три стадии процесса). Большинство исследователей [3,4,5,6] объясняют ход анодного процесса в виде трех стадий с образованием промежуточных продуктов в виде Al^+ , Al^{2+} :



Анодное растворение поливалентных металлов, к которым относится алюминий, как правило, происходит в первую очередь с образованием ионов той валентности, при которой реакция ионизации имеет наиболее отрицательный потенциал. С повышением плотности тока вследствие поляризации, потенциал анода будет становиться более положительным. В результате может начаться растворение анода с образованием ионов другой валентности, при которой потенциал ионизации еще более положителен. Чем больше поляризация, тем больше возможность протекания второй реакции [7].

Переход ионов алюминия в раствор сопровождается химической реакцией около электрода с образованием аква- и гидросокомплексов [8] и зависит от pH раствора электролита:



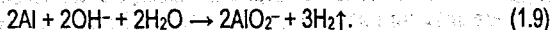
Процессы анодного растворения металлов являются основой метода электролитической коагуляции. Коагуляция частиц обусловлена введением положительных многозарядных ионов металла, гидролизующихся в воде с образованием гидроксидов и других промежуточных соединений. Анодное растворение алюминия в кислой среде приводит к образованию гидратированного иона $[Al(H_2O)_6]^{3+}$, в слабокислой и нейтральной среде – труднорастворимого гидроксида $[Al(OH)_3(H_2O)_3]^0$, а в щелочной – иона $[Al(OH)_6]^{3-}$.

Заключительным процессом электролитической коагуляции является адгезия коллоидных частиц примесей и образовавшихся малорастворимых соединений.

Электродный процесс на металлических электродах может сопровождаться адсорбцией на них неорганических и органических веществ, которые усоряют или замедляют

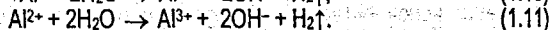
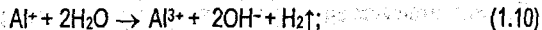
скорость химических реакций [6].

Кроме процесса растворения на алюминиевом аноде наблюдается выделение газов, которые способны переносить вещество из жидкости на ее поверхность (электрофлотация). В их составе 96,5% кислорода и 3,5% водорода [6]. Одна из причин выделения водорода связана с химическим взаимодействием анода, образующимся при электролизе в щелочном растворе:



Реакция 1.9 возможна при условии отсутствия на поверхности анода оксидной пленки в нагретых растворах.

Другой причиной выделения на аноде водорода при анодной поляризации может быть, как предполагает Е.Д. Бабенков [9], образование в средах, содержащих хлорид-ионы, ионов алюминия низшей валентности, которые, окисляясь водой, выделяют водород по реакциям 1.10, 1.11:



Такой же точки зрения придерживаются авторы работы [4], изучавшие процесс анодного окисления алюминия в водных растворах галогенов, хлоратов, броматов и нитратов.

Несмотря на известные особенности и закономерности анодного растворения алюминия при электролизе, применительно к очистке природных вод, приведенных данных для эффективного получения алюминиевого коагулянта электролитическим коагулированием недостаточно. Отсутствуют систематические исследования по комплексному влиянию различных факторов на растворение алюминиевого анода в малоконцентрированных природных водах и его депассивацию, эффективное образование электрогенерированного коагулянта.

Это вызвало необходимость тщательного изучения данного процесса для разработки эффективной электрокоагуляционной технологии очистки маломинерализованных природных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия / Л.И. Антропов. – М.: Высшая школа, 1979. – 512 с.
2. Скорчелетти В.В. Теоретическая электрохимия / В.В. Скорчелетти. – Л.: Химия, 1974. – 567 с.
3. Ярославский З.Я. Очистка питьевой воды электрокоагулированием на сельских водопроводах. Проектирование сельскохозяйственных зданий и сооружений / З.Я. Ярославский. – М.: Изд-во Гипромсельхоз, 1963. – 274 с.
4. Якименко Г.Я. О депассивации электродов при электрокоагуляционной очистке сточных вод / Г.Я. Якименко, С.П. Новикова, Е.Я. Сокол // Вестник Харьк. политех. ин-та. – 1978. – № 147. – С. 27-30.
5. Захарьина С.Б. Устранение пассивации электродов в процессе электрокоагуляции масляных эмульсий / С.Б. Захарьина, Н.В. Срыбная // Вестник Харьк. политех. ин-та. – 1999. – № 159. – С. 59-62.
6. Михайлова Л.А. Катодное поведение платинированных титановых электродов в режиме реверса тока в проточных системах электролиза воды / Л.А. Михайлова, Л.М. Якименко // Электрохимия. – 1998. – Т. 34, № 12. – С. 1485-1492.
7. Левин А.И. Теоретические основы электрохимии / А.И. Левин. – М.: Металлургия, 1972. – 544 с.
8. Кульский Л.А. Физико-химические основы очистки воды коагуляцией / Л.А. Кульский. – Киев: Изд-во АН УССР, 1990. – 334 с.
9. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами / Е.Д. Бабенков. – М.: Наука, 1977. – 356 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Морилова Н.Л. Научный руководитель: к.т.н., профессор Драган В.И. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПОКРЫТИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА В Г. ГРОДНО И ЕГО ПРОВЕРКА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ.....	4
2. Сивуда Г.Г., Азаров Д.А. Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н. ПОВЫШЕНИЕ К.П.Д. УДАРА ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ СООТНОШЕНИЯ МАСС УДАРНОЙ ЧАСТИ МОЛОТА И ПОГРУЖАЕМОЙ СВАИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПОГРУЖЕНИЯ СОСТАВНЫХ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ СВАЙ.....	10
3. Сивуда Г.Г., Азаров Д.А. Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н. РАЗРАБОТКА НОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ КОНСТРУКЦИИ УДАРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗДЕЛЬНОГО ПОГРУЖЕНИЯ СВАИ.....	14
4. Жданов Д.А. Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И. К РАСЧЕТУ БАЛОК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ НА НЕПОДВИЖНЫЕ НАГРУЗКИ.....	17
5. Жданов Д.А. Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И. УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА БАЛОК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ.....	21
6. Самусевич А.Н. Научный руководитель: к.т.н., ассистент Левчук Н.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ МОДИФИКАТОРОВ В ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРАХ.....	23
7. Боровая Ю.А., Костючик Ю.И. Научный руководитель: к.т.н., ассистент Левчук Н.В. ПРОБЛЕМА КАПИЛЛЯРНОГО ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЯХ.....	25
8. Вдовиченко И.Г. Научный руководитель: к.т.н., ассистент Левчук Н.В. ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЗРЫВНЫХ КАМЕР ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	28
9. Мельничук М. П. Научные руководители: к.т.н., доцент Кондратчик А.А., аспирантка Санникова О.Г. КОСВЕННОЕ АРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА.....	32
10. Кривицкий П.В. Научные руководители: к.т.н., профессор Малиновский В.Н., к.т.н., доцент Шалобьга Н.Н. ВЛИЯНИЕ ОБЖАТИЯ БЕТОНА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ ПОЛОГО ОТОГНУТОЙ АРМАТУРОЙ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК.....	36
11. Стельмашук М.М., магистрант Научный руководитель: к.э.н., доцент Козинец М.Т. ИННОВАЦИОННЫЙ РЕЙТИНГ В ОЦЕНКЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ.....	39

12. Стельмашук М.М., магистрант Научный руководитель: к.э.н., доцент Козинец М.Т. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ.....	43
13. Кондратюк М.А., магистрант Научный руководитель: доцент Аверина И.Н. АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ЗАТРАТ НА ПЛАТФОРМЕ «1С: ПРЕДПРИЯТИЕ 8».....	47
14. Цеван В.А. Научный руководитель: к.психол.н., доцент Трифониук А.Ф. ПСИХОЛОГИЯ МЕНЕДЖМЕНТА.....	50
15. Сазончик А.А. Научный руководитель: к.т.н., доцент Хведчук В.И. ТЕСТИРОВАНИЕ ДАННЫХ БИРЖЕВЫХ СВОДОК ПО КОМПАНИЯМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	55
16. Лукьянюк О.Н. Научный руководитель: к. архитектуры, доцент, зав. кафедры АПИР Власюк Н.Н. ИЕЗУИТСКИЙ КОМПЛЕКС В ГОРОДЕ БРЕСТЕ.....	57
17. Тумащук Л.Б. Научный руководитель: к. архитектуры, профессор Кудиненко А.Д. ФОРТИФИКАЦИОННЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ В БАРАНОВИЧСКОМ РАЙОНЕ.....	59
18. Дуборева Е.А. Научный руководитель: старший преподаватель Ширяева А.Д. ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ НОВЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С УЧЕТОМ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ.....	62
19. Поливода М.Г. Научные руководители: старший преподаватель Ширяева Л.А.; начальник сектора КНИ «Брестреставрация» Власюк Н.Н. СИНАГОГИ г. БРЕСТА.....	65
20. Маркевич Э.А, Моращук Л.В. Научный руководитель: к.т.н., доцент Снякина Н.В. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА НАКЛОНА ОСИ ВРАЩЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	68
21. Рудлевский Д.В. Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И. К РАСЧЕТУ ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ УПРУГОЙ ПОДАТЛИВОСТИ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	71
22. Акулич Р.В. Научные руководители: ассистент Морозова В.А., ассистент Шевчук Т.В. АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ШАРОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR.....	76
23. Сокол В.А. Научный руководитель: к.т.н., доцент Драган А.В. АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РЕЗАНИИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ.....	79

- 24. Мелещук М.В.**
 Научный руководитель: к.т.н., доцент Медведев О.А.
 ФОРМАЛИЗАЦИЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ДЕТАЛЕЙ КАК ОСНОВА
 ЕГО АВТОМАТИЗАЦИИ..... 82
- 25. Архутик С.В.**
 Научный руководитель: к.т.н., доцент Григорьев В.Ф.
 СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ
 ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ..... 86
- 26. Рудюк А.Н.**
 Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.
 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ
 МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧПУ 90
- 27. Рудюк А.Н.**
 Научный руководитель: к.т.н., доцент Горбунов В.П.
 ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧПУ МС 12-250
 ЗА МЕЖНАЛАДОЧНЫЙ ПЕРИОД..... 93
- 28. Седой Е.Н.**
 Научные руководители: ст. преподаватель Страчук И.В., преподаватель-стажер Концевич П.С.
 АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
 ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА НА АВТОТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ 96
- 29. Шмелев Е.В.**
 Научный руководитель: ст. преподаватель Левданский А.М.
 ФИНИШНОЕ ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ АЛМАЗОПОДОБНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ 100
- 30. Никонюк А.Н., Копылов Д.А.**
 Научный руководитель: ст. преподаватель Тузик И.В.
 ГРАФИЧЕСКИЙ ЭМУЛЯТОР ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ..... 103
- 31. Хомицкая Е.В.**
 Научный руководитель: к.т.н., доцент Григорьев В.Ф.
 ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВЕРЛЕНИЯ ВЫДАВЛИВАНИЕМ 105
- 32. Хомицкая Е.В.**
 Научный руководитель: преподаватель Мартиновская О.В.
 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЛИНИИ ОБРАБОТКИ
 КОЛЛЕКТОРОВ НА СП ОАО «БРЕСТГАЗОАППАРАТ» 108
- 33. Линник Д.А., Казьмин А.А.**
 Научный руководитель: к.т.н., доцент Монтик С.В.
 ОПТИМИЗАЦИЯ МОЩНОСТИ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕССОРА MS EXCEL 110
- 34. Наумчик А.С.**
 Научный руководитель: ассистент Омесь Д.В.
 ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ
 С ПОМОЩЬЮ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «КОМПАС» 113
- 35. Касьяник В.В.**
 Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.
 СИСТЕМА ВИДЕОДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ ПОТОКОМ
 В УЗЛАХ ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА 116

36. Склипус Д.Б.	
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.	
КОНСТРУКЦИЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ ПО РАЗМЕЧЕННОМУ МАРШРУТУ ..	119
37. Склипус Д.Б.	
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.	
АЛГОРИТМ ДВИЖЕНИЯ ПО ЧЕРНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА	122
38. Войцехович Г. Ю.	
Научный руководитель: д.т.н., профессор Головкин В.А.	
НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА	125
39. Стойко В.С.	
Научный руководитель: доцент Тузик Т.А.	
ОПЕРАТОРНОЕ РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ДУ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ АРГУМЕНТОМ И ПОСЛЕД- ДЕЙСТВИЕМ	128
40. Лахмицкий А.А., Согоян А.Л.	
Научный руководитель: к. ф.-мат. н., доцент Махнист Л.П.	
О СВОЙСТВАХ И СХОДИМОСТИ РЕШЕНИЯ ОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ	130
41. Кузьмицкий Н.Н.	
Научный руководитель: к.т.н., доцент Дереченник С.С.	
СЕКМЕНТАЦИЯ ИСКАЖЕННОГО РАСТРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ АЛФАВИТНО- ЦИФРОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ.....	134
42. Жук А.М.	
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.	
АДАПТАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ОСНОВАМ ЯЗЫКА АССЕМБЛЕРА ДЛЯ ОС GNU/LINUX.....	137
43. Жук А.М.	
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.	
АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР МОДУЛЕЙ ЯДРА СОВРЕМЕННЫХ ОС ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА ЯЗЫКЕ АССЕМБЛЕР.....	141
44. Иванюк Д.С.	
Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.	
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРОВ В АСУТП	145
45. Дмитриева А.В.	
Научный руководитель: к.т.н., доцент Дереченник С.С.	
ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ГРИДИНГА С ПОКООРДИНАТНОЙ АППРОКСИМАЦИЕЙ ДЛЯ РАЙОНИРОВАНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ.....	148
46. Черноиван А.В.	
Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.	
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATHCAD	152
47. Черноиван А.В.	
Научные руководители: к.т.н., профессор Жук В.В., к.т.н., доцент Черноиван Н.В.	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТРОПИЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	155
48. Дакало Ю.А.	
Научный руководитель: к.т.н., доцент Григорьев В.Ф.	
РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ С ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫМИ РАЗМЕРАМИ..	159

49. Кочурко В. А. Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В. Н. НЕКОТОРЫЕ АЛГОРИТМЫ ГЕНЕРАЦИИ РЕГУЛЯРНЫХ ГРАФОВ.....	163
50. Пилюттик Е.Н., Рогальская М.А. Научный руководитель: к.г.н., ст. преподаватель Шпендик Н.Н. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УВЛАЖНЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ.....	167
51. Тарасевич М.А. Научный руководитель: ст. преподаватель Грядунова О.И. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КАМЕНЕЦКОГО РАЙОНА	171
52. Шепетюк А.В. Научный руководитель: ст. преподаватель Грядунова О.И. ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КОБРИНСКОГО РАЙОНА	173
53. Козлюк С.Н. Научный руководитель: ст. преподаватель Карпук В.К. ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАСЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ	176
54. Лобец Е.С. Научный руководитель: к.т.н., доцент Волкова Г.А. КОРРОЗИЯ И БИООБРАСТАНИЯ В ВОДОБОРОТНЫХ СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ.....	179
55. Кравчук Д.Ф. Научный руководитель: преподаватель Панасюк З.Н. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ РБ.....	183
56. Хинич А.И. Научный руководитель: д.г.н., профессор Волчек А.А. ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ВОДНОГО РЕЖИМА МАЛЫХ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ.....	185
57. Сайко И.К. Научный руководитель: доцент Громик Н.В. ВОПРОСЫ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ФРУКТОВЫХ САДОВ	189
58. Грачкова Ю.А. Научные руководители: к.т.н., доцент Житенев Б.Н., ст. преподаватель Сторожук Н.Ю. ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ПРОДВИНУТОГО ОКИСЛЕНИЯ.....	192
59. Лацевич А.Н. Научные руководители: к.т.н., доцент Ступень Н.С., д.г.н., профессор Волчек А.А., магистр естественных наук Мисюта Ю.Г. РОЛЬ МАКРОФИТОВ В МОНИТОРИНГЕ МАЛЫХ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ	196
60. Радюк А.В. Научные руководители: к.т.н., доцент Житенев Б.Н., к.т.н., ассистент Белов С.Г. УДАЛЕНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ.....	198
61. Яловая Ю.С. Научный руководитель: к.т.н., профессор Строкач П.П. ОСОБЕННОСТИ АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ	200

Научное издание

СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

Часть I

Ответственный за выпуск: *Шведовский П.В.*

Редактор: *Строкач Т.В.*

Компьютерная верстка: *Кармаш Е.А.*

Корректор: *Никитчик Е.В.*

ISBN 978-985-493-123-4



9 789854 931234

Лицензия № 02330/0549435 от 08.04.2009 г.
Подписано в печать 29.07.2009 г.
Формат 60x80 1/16. Бумага «Снегурочка».
Гарнитура Arial Narrow. Усл. печ. л. 12.1.
Уч.-изд. л. 13.0. Зак. № 674. Тираж 75 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.