

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

СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

Часть 1

Брест 2008

УДК 624:628:+338:339

Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов.

Рецензент: директор УНИиОКП «НТЦ» А.Я. Найчук, к.т.н., доцент

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

Редакционная коллегия: главный редактор: д.т.н., профессор Тур В.В.;
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

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

УДК 365.244 (476)

Малафейчик Ю.В.

Научный руководитель: ст. препод. Будурян Т.А.

ОСОБЕННОСТИ ЖИЛИЩНОЙ ПРОБЛЕМЫ В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

В соответствии с целями и задачами социально-экономического развития Республики Беларусь на долгосрочную перспективу жилищное строительство и улучшение жилищных условий граждан остается одним из приоритетных направлений. Конституция Республики Беларусь гарантирует гражданам страны право на жилище. Жилье является одной из основных, приоритетных потребностей для каждого человека, каждой семьи и во многом определяет их социальное и экономическое поведение. Наличие и качество жилья влияет на здоровье человека, его психологическое состояние, производственную деятельность, отражает материальное благосостояние граждан, а жилищный фонд, его долговечность и комфортность являются недвижимым национальным богатством страны. Жилищный сектор играет значительную роль в экономике, оказывает существенное влияние на общие макроэкономические пропорции, денежное обращение, инвестиционную активность. В жилищной сфере, как в никакой другой, объединяются интересы граждан и государства. В этой связи для обеспечения стабильного развития необходимо создание эффективного механизма координации жилищной политики с общей макроэкономической и социальной политикой. Ее основной целью является обеспечение граждан качественным жильем, создание оптимальной инфраструктуры жилых массивов с соблюдением физических, эстетических, экологических параметров окружающей среды и с учетом местных условий.

Потребность населения в улучшении жилищных условий определяется путем постановки на учет нуждающихся в улучшении жилищных условий соответствующими местными исполнительными и распорядительными органами по месту постоянного проживания. Кроме того, граждане имеют право состоять на учете нуждающихся по месту их работы.

Основные принципы, в соответствии с которыми осуществляется государственная поддержка граждан, состоящих на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий, следующие:

- адресный дифференцированный подход со стороны государства к обеспечению граждан жильем в зависимости от их доходов и социального статуса;
- сохранение обязательств государства перед гражданами, состоящими на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий и пользующимися предусмотренными законодательством льготами по обеспечению жильем;
- соблюдение социальной справедливости при предоставлении льгот в жилищной сфере;
- государственное стимулирование привлечения собственных средств граждан и юридических лиц негосударственной формы собственности в сферу воспроизводства жилья.

Государство уделяет большое внимание к решению жилищной проблемы, но вместе с тем проблемы существуют. Анализируя жилищные условия в Брестской области и управление реализацией жилищных программ на государственном, региональном, ведомственном и местном уровнях необходимо, прежде всего, исходить из показателей, которые как можно более полно и точно описывают потребность в жилье и обеспеченность им. Такие данные могут быть получены путем анализа движения домохозяйств, состоящих на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий. Абсолютные и относительные значения параметров, характеризующие движение домохозяйств, состоявших на квартирном учете в 1995-2006 гг., приведены в таблице. Эти показатели описывают как совокупность домохозяйств, состоявших на квартирном учете, так и семьи (включая одиноких граждан), улучшившие жилищные условия. Кроме того, в таблице приведены сведения о количестве построенных жилых помещений в Брестской области.

Год	Количество семей (включая одиноких граждан), состоящих на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий (на конец года)		Количество семей (включая одиноких граждан), получивших жилые помещения и улучшивших жилищные условия (на конец года)		Количество построенных жилых помещений		Отношение количества (включая одиноких граждан), состоящих на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий и улучшивших жилищные условия, к количеству построенных жилых помещений, %
	единиц	%	единиц	% от кол-ва на квартирном учете	единиц	% от кол-ва на квартирном учете	
1	2	3	4	5	6	7	8
1995	92604	100,0	3863	4,2	4100	4,4	94,2
1996	90717	98,0	4083	4,5	6100	6,7	66,9
1997	94630	102,2	4709	5,0	6800	7,2	69,3
1998	94194	101,7	6295	6,7	6900	7,3	91,2
1999	94530	102,1	4038	4,3	4900	5,2	82,4
2000	91152	98,4	3021	3,3	5700	6,3	53,0
2001	88027	95,1	2917	3,3	4400	5,0	66,3
2002	87000	93,9	2635	3,0	3800	4,4	69,3
2003	84237	91,0	2296	2,7	4400	5,2	52,2
2004	84354	91,1	3225	3,8	5600	6,6	57,6
2005	88997	96,1	4179	4,7	6000	6,7	69,7
2006	90329	97,5	4378	4,8	6200	6,9	70,6

Источник: Народное хозяйство Брестской области, 2000. Бр.: Брестское обл. управление стат., 2000.; Статистический ежегодник Брестской области, 2007. Бр.: Брестское обл. управление стат., 2007.

С 1995 по 2006 г. количество домохозяйств, состоявших на квартирном учете, уменьшилось с 92604 до 90329 единиц, т. е. на 2,5%. В эти годы имели место два пика роста их количества: 1996 - 1997 гг. - с 90717 до 94630 единиц; 1998 - 1999 гг. - с 94194 до 94530 единиц. Рост количества домохозяйств, состоящих на квартирном учете в 1997 г. и 1999 г., косвенным образом сказался на увеличении в четверть раза количества домохозяйств, улучшивших жилищные условия в период с 1997 по 1998 гг. Далее до 2004 года имело место постоянное снижение количества домохозяйств, состоящих на квартирном учете, однако в период после 2003 года наблюдается ежегодный прирост их количества. С этого же периода стало увеличиваться количество домохозяйств, улучшивших жилищные условия, из числа тех, кто находился на квартирном учете: так в 1995 г. - это 3863 семьи и одиноких граждан, а в 2006 году - уже 4378 единиц, т. е. их число увеличилось на 13 %. Количество введенных в эксплуатацию жилых помещений в эти годы соответственно составило 4100 и 6200 единиц, т. е. увеличилось на 51 %. Таким образом, реальная возможность получить государственное жилье в наём осталась у ограниченных категорий домохозяйств. Для основной массы домохозяйств улучшение жилищных условий в большей степени стало зависеть от их материальных возможностей и потребительских предпочтений.

Рост количества домохозяйств, ставших на квартирный учет в последние годы, связан с мерами государственной поддержки жилищного строительства, принятыми в этот период. Они в основном были направлены на предоставление помощи гражданам, состоящим на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий. Этими мерами предусматривается освобождение граждан, состоящих на квартирном учете и строящих жилье, от платы за создание и развитие инженерной и транспортной инфраструктуры, предоставление им льготных кредитов, льгот по налогообложению. Для них в заданиях по строительству и вводу в эксплуатацию жилья устанавливаются квоты.

В период с 1995 по 2006 г. суммарное количество домохозяйств, улучшивших жилищные условия из числа тех, кто состоял на квартирном учете, составляло 45639 единиц. Это количество домохозяйств на 30% было меньше количества построенных за эти 11 лет жилых помещений (64900 единиц), следовательно, треть построенного жилья заселено гражданами, обладающими высокими доходами, у которых появилась возможность улучшать свои жилищные условия независимо от установленного законодательством порядка признания их нуждающимися в улучшении жилищных условий (рис. 1). В условиях рыночной экономики это справедливо.

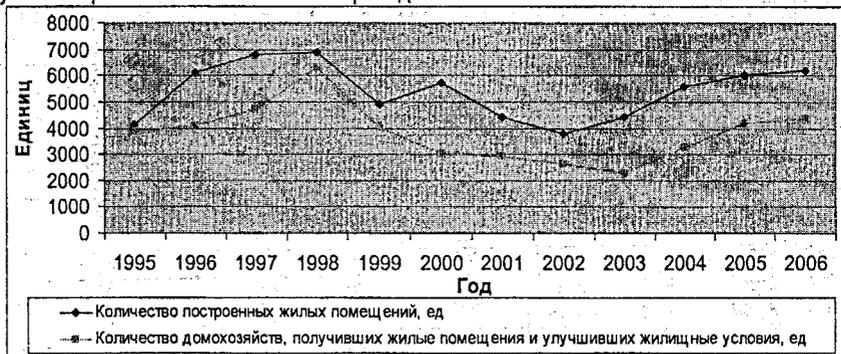


Рис. 1 Динамика количества построенных жилых помещений в Брестской области и количества домохозяйств Брестской области, получивших жилье помещения и улучшивших жилищные условия, ед.

Вместе с тем, положение тех, кто не имеет высоких доходов и не в состоянии собственными силами либо с государственной поддержкой улучшить свои жилищные условия, существенно ухудшилось. Многие из них не располагают достаточным объемом собственных средств, необходимым для того, чтобы получить государственную поддержку на строительство (реконструкцию, приобретение) жилого помещения в виде льготного кредита либо субсидии.

Кроме того, потребительские корзины, на основании которых рассчитываются минимальные потребительские бюджеты (МПБ) для различных 18-и социально-демографических групп населения, формируются без учета расходов, связанных с потребностью граждан улучшать свои жилищные условия. Как статьи расходов, связанных с потребностью в жилье, туда входят расходы по оплате коммунальных услуг, а также плата за жилье по договору найма в государственном жилищном фонде. Таким образом, применение двукратного среднедушевого МПБ для всех социальных групп при их отнесении к категории имеющих право на получение государственной поддержки не позволяет объективно оценить способность граждан самостоятельно улучшать свои жилищные условия.

Итак, анализ статистических данных о количестве домохозяйств, состоящих на квартирном учете и улучшивших жилищные условия, и о количестве построенных жилых помещений показывает, что начиная с 1995 г. имеет место устойчивая тенденция превышения количества построенных жилых помещений над количеством домохозяйств, улучшивших жилищные условия из числа тех, кто стоял на квартирном учете. Это означает, что улучшение жилищных условий все в больших объемах происходит за пределами учета нуждающихся в этом улучшении. Следовательно, квартирный учет в настоящее время не является основным индикатором потребности в жилье. Улучшение

жилищных условий за пределами этого учета нарастает. В 2006 г. каждые 3 жилых помещения из десяти построенных поступили в распоряжение домохозяйств, не состоявших на квартирном учете. Также значительная часть домохозяйств улучшила свои жилищные условия, приобретая жилье на вторичном рынке путем купли-продажи и по другим основаниям перехода прав.

Так, в течение последних 15-ти лет кардинально изменились отношения в жилищной сфере. Для большинства домохозяйств жилье стало товаром, спрос на который определяется их платежеспособностью. Произошла трансформация нанимателей жилых помещений в домах государственного и общественного фонда в собственников. В результате в структуре жилищного фонда удельный вес жилых помещений, принадлежащих физическим лицам, достиг почти 80%. У многих домохозяйств доходы не позволяют в полном объеме возмещать затраты, связанные с содержанием жилья и потреблением коммунальных услуг. Жилищный фонд, построенный в предшествующие годы, отличаются невысокие эксплуатационные качества, в том числе энергоэффективность, значительная его часть имеет большой износ, нуждается в ремонте, модернизации и реконструкции.

Таким образом, как показал выполненный в работе анализ, наряду с возрастающими объемами жилищного строительства, удовлетворение жилищных потребностей граждан происходит недопустимо медленно. Несмотря на существующую систему государственной поддержки нуждающихся в улучшении жилищных условий граждан, проводимых мер для того, чтобы значительно улучшить складывающуюся тенденцию, не достаточно. Необходимо не только совершенствование действующего механизма государственной поддержки, но также качественное преобразование форм государственной поддержки, внедрение их в развивающиеся институты внебюджетного финансирования жилищного строительства. Существенным препятствием на пути решения этой проблемы является отсутствие технологий, обеспечивающих долгосрочное накопление средств населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилищный кодекс Республики Беларусь. – Мн.: Амалфея, 1999.
2. Национальная жилищная программа Республики Беларусь / постановление Совета Министров Республики Беларусь от 3.05.1999 № 640.
3. Правила учета граждан, нуждающихся в улучшении жилищных условий, и предоставления жилых помещений / постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22.09.1999 № 1468.
4. Народное хозяйство Брестской области, 2000. – Бр.: Брестское обл. управление стат., 2000.
5. Статистический ежегодник Брестской области, 2007. – Бр.: Брестское обл. управление стат., 2007.
6. Копонейко Л.М. Жилищная сфера в условиях формирования нового экономического уклада // *Белорусская экономика: анализ, прогноз, регулирование* / Эконом, бюллетень НИЭИ Министерства экономики РБ. 2005. № 10.
7. Кузнецов М.Г., Шашко Т.Д. Перспективы развития жилищной сферы в Республике Беларусь // *Белорусский экономический журнал*. – 2006. №1. – с.71-80.
8. Машаров Р.Н. Жилищный комплекс как национальный приоритет развития страны: правовое обеспечение // *Проблемы управления*. – 2007. №3 (24). – с.186-187.
9. Сидоренко А.Д. Жилищное строительство в Республике Беларусь в 1996-2000 годы (Социально-экономические результаты и тенденции). – Мн.: Ин-т социал.-полит. исследований, 2001.

УДК 365.244 (476)

Малафейчик Ю.В.

Научный руководитель: ст. препод. Будурян Т.А.

ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДЬЮ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Обеспеченность граждан жильем является одним из основных показателей социально-экономического благополучия общества. При оценке состояния жилищной проблемы органами государственного управления используются показатели, характеризующие количество семей и «одиноких» граждан (домохозяйств), нуждающихся в улучшении жилищных условий, и достигнутый уровень обеспеченности жильем. Количество домохозяйств, нуждающихся в улучшении жилищных условий, определяется квартирным учетом. Уровень обеспеченности жильем рассчитывается как отношение общей площади жилищного фонда к численности населения. Однако эти показатели, характеризующая динамику решения жилищной проблемы, не дают представления о факторах, которые ее определяют. Совершенствование методологии оценки состояния жилищной проблемы, позволяющей более полно и точно оценить факторы, влияющие на обеспеченность населения жильем, является актуальной задачей.

Использование разработанной методики оценки значимости отдельных факторов на обеспеченность населения общей площадью жилых помещений позволяет устанавливать причинно-следственную связь между ростом обеспеченности населения жильем и факторами, которые на него оказывают влияние, а также количественно оценивать это влияние [5].

Обеспеченность общей площадью жилых помещений в расчете на одного человека определяется как отношение общей площади всего жилищного фонда по состоянию на тот или иной период времени к общей численности граждан, соответствующей этому периоду времени:

$$q_t = \frac{S_t}{L_t} \quad (1)$$

где q_t – обеспеченность общей площадью на период времени t в расчете на одного человека, кв. м/чел.;

S_t – общая площадь жилищного фонда на период времени t ;

L_t – численность населения на период времени t .

Из выражения (1) следует, что величина показателя обеспеченности определяется соотношением значений факторов S_t и L_t . Значения общей площади жилищного фонда и численности населения изменяются во времени.

С целью оценки влияния факторов S_t и L_t на изменение обеспеченности населения общей площадью жилых помещений за период времени

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (2)$$

необходимо установить влияние изменения численности населения ΔL и изменения общей площади жилищного фонда ΔS на изменение обеспеченности жильем Δq :

$$\Delta L = L_2 - L_1 \quad (3)$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 \quad (4)$$

$$\Delta q = q_2 - q_1 \quad (5)$$

Оценка влияния изменения численности населения

В общем случае Δq определяется зависимостью, полученной на основе (1) и (5):

$$\Delta q = \frac{S_2}{L_2} - \frac{S_1}{L_1} \quad (6)$$

В случае, если численность населения в период времени Δt не меняется, Δq определяется выражением:

$$\Delta q = \frac{S_2 - S_1}{L_1} \quad (7)$$

Приращение обеспеченности населения общей площадью за период времени Δt за счет изменения численности населения в этот период на величину ΔL определяется разностью между (6) и (7):

$$\Delta q_1 = \frac{S_2}{L_2} - \frac{S_1}{L_1} - \left(\frac{S_2 - S_1}{L_1} \right) = \frac{S_2}{L_2} - \frac{S_2}{L_1} \quad (8)$$

где Δq_1 – приращение обеспеченности населения общей площадью жилых помещений за счет изменения численности населения.

Для относительной оценки значимости изменения численности населения необходимо значение показателя Δq_1 соотнести с общим значением изменения обеспеченности Δq :

$$\beta_1 = \frac{\Delta q_1}{\Delta q} \times 100, \quad (9)$$

где β_1 – значимость фактора изменения численности населения при оценке обеспеченности общей площадью, %.

Подставив в выражение (9) значения Δq_1 и Δq соответственно из выражений (7) и (8), получаем:

$$\beta_1 = \left[1 - \frac{L_2(S_2 - S_1)}{S_2 L_1 - S_1 L_2} \right] \times 100 \quad (10)$$

Оценка влияния изменения количества жилищного фонда

Оценка влияния изменения количества жилищного фонда на обеспеченность населения общей площадью жилых помещений производится с использованием зависимости:

$$\Delta q_s = \frac{S_2 - S_1}{L_1} \quad (11)$$

где Δq_s – приращения обеспеченности населения общей площадью жилых помещений за счет изменения количества жилых фондов.

Для относительной оценки значимости изменения количества жилищного фонда необходимо значение показателя Δq_s соотнести с общим значением изменения обеспеченности Δq :

$$\beta_s = \frac{\Delta q_s}{\Delta q} \times 100, \quad (12)$$

где β_s – значимость фактора изменения количества жилищного фонда при оценке обеспеченности населения общей площадью, %.

Подставив в выражение (12) значения Δq_s и Δq , (11) и (6), получаем:

$$\beta_s = \frac{L_2(S_2 - S_1)}{S_2 L_1 - S_1 L_2} \times 100 \quad (13)$$

Суммарное влияние значимости двух факторов, изменения значимости населения и изменения количества жилищного фонда, в относительном виде составляет 100%:

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 = 100\% \quad (14)$$

где β – суммарная значимость двух факторов при оценке обеспеченности населения общей площадью, %.

В соответствии с выше изложенной методикой выполнена оценка влияния факторов «изменения количества жилищного фонда» и «изменения численности населения» на динамику показателя обеспеченности общей площадью жилых помещений в расчете на одного человека по Брестской области. Результаты оценки приведены в табл. 1.

Таблица 1 Расчет влияния отдельных факторов на обеспеченность населения Брестской области общей площадью жилых помещений в 1995-2006 гг.

Годы	Численность населения на конец года, тыс. чел.	Общая площадь жилищного фонда, тыс. кв. м	Обеспеченность населения жильем, кв. м общей площади на 1 чел.	Прирост обеспеченности населения жильем, кв. м общей площади на 1 чел.				
				Всего	В том числе за счет			
					прироста жилищного фонда		уменьшения численности населения	
				кв. м	%	кв. м	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1995	1504,4	28630	19,0	-	-	-	-	-
1996	1502,6	29050	19,3	0,30	0,28	92	0,02	8
1997	1501,2	29545	19,7	0,35	0,33	95	0,02	5
1998	1485,1	30314	20,4	0,73	0,51	70	0,22	30
1999	1484,1	30634	20,6	0,23	0,22	94	0,01	6
2000	1481,9	31061	21,0	0,32	0,29	90	0,03	10
2001	1477,2	31421	21,3	0,31	0,24	78	0,07	22
2002	1470,9	31742	21,6	0,31	0,22	70	0,09	30
2003	1469,2	32088	21,8	0,26	0,24	90	0,03	10
2004	1455,0	32429	22,3	0,45	0,23	52	0,22	48
2005	1445,6	32913	22,8	0,48	0,33	69	0,15	31
2006	1439,5	33190	23,1	0,29	0,19	66	0,10	34
1995-2006 гг.*	1476,4	31084,75	21,1	0,37	0,28	79	0,09	21

* Среднее значение за 1995-2006 гг.

Таким образом, с 1995 по 2006 г. обеспеченность населения жильем в расчете на одного человека выросла с 19,0 кв. м общей площади до 23,1 кв. м, т.е. на 4,1 кв. м, или на 17,7%. В этот период численность населения уменьшилась с 1504,4 до 1439,5 тыс. человек, т.е. на 64,9 тыс. человек, или на 4,5%, а количество жилищного фонда возросло с 28630 до 33190 тыс. кв. м, т.е. на 4560 тыс. кв. м, или на 15,9%.

Значимость увеличения количества жилищного фонда в росте обеспеченности населения жильем в период с 1996 по 2006 г. оценивается в $\beta_2 = 79\%$. Соответственно значимость уменьшения численности населения в этот период составляет $\beta_1 = 21\%$.

Оценка влияния отдельных факторов на увеличение обеспеченности населения общей площадью жилых помещений в расчете на одного человека выявила, что в 1996-2005 гг. это увеличение на одну четверть произошло в результате сокращения численности населения. В этот период значимость фактора сокращения численности населения находилась в пределах от 5 до 48%, а на три четверти - в результате прироста жилищного фонда, когда значимость фактора находилась в пределах от 52 до 95% (см. рис. 1).

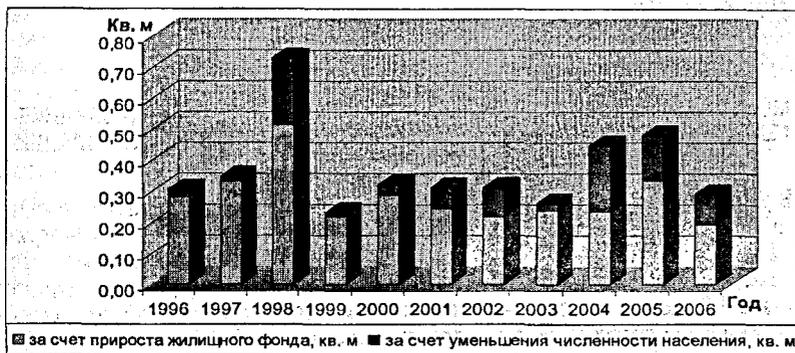


Рис. 1 Динамика прироста обеспеченности населения Брестской области жильем, кв. м общей площади на 1 чел.

Итак, дифференцированный подход к оценке обеспеченности жильем выявил высокую значимость фактора уменьшения численности населения. В 1996-2006 гг. прирост в обеспеченности жильем в расчете на одного человека на одну четверть являлся следствием сокращения численности населения.

Отмеченные факторы и обстоятельства требуют новых форм взаимодействия между государством, собственниками и потребителями жилья и коммунальных услуг, обеспечивающего устойчивое простое и расширенное воспроизводство жилищного фонда, удовлетворение потребностей общества в жилище, рациональное использование существующего фонда. Темпы, масштабы и глубина изменений отношений в жилищной сфере, их влияние на социально-экономическое развитие и значимость в поддержании стабильности в обществе диктуют необходимость расширения партнерства между государством, собственниками и потребителями жилья, бизнесом. Солидаризация их интересов, рост доверия между ними, интеграция и рациональное использование имеющихся в их распоряжении ресурсов позволяют с наименьшими издержками преодолевать трудности, порождаемые переходом к рыночной экономике. Для выстраивания такого взаимодействия необходимо располагать полной, достоверной и актуальной информацией о состоянии жилищной проблемы, в том числе о движении домохозяйств, состоящих на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий, и факторах, определяющих обеспеченность населения жильем. Разработанная методология позволяет делать это дифференцированно, учитывая происходящие изменения в жилищных отношениях. Ее использование при реализации жилищных программ и решении жилищной проблемы дает возможность находить наиболее рациональные управленческие решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилищный кодекс Республики Беларусь. – Мн.: Амалфея, 1999.
2. Народное хозяйство Брестской области, 2000. – Бр.: Брестское обл. управление стат., 2000.
3. Статистический ежегодник Брестской области, 2007. – Бр.: Брестское обл. управление стат., 2007.
4. Сидоренко А.Д. Оценка состояния жилищной проблемы в Беларуси. // Белорусский экономический журнал. – 2007. №3. – с.64-74.

УДК 624.132.345

Жукова М.В.

Научный руководитель: доц. Дедок В.Н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАМЫВА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ И ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СВОЙСТВА НАМЫТЫХ ОСНОВАНИЙ

Введение

В работе приведены результаты исследований по изучению имеющихся теоретических и лабораторных мелкомасштабных модельных испытаний [1,2] по намыву грунтов на пойменные территории. На основании анализа выполненных исследований создана экспериментальная установка для проведения исследования процесса намыва грунтов в масштабе 1:3. Целью проведенных экспериментов являлась проверка запроектированных и технически обоснованных на моделях малых масштабов технологических способов намыва на пойменных территориях, обеспечивающих наибольшую плотность намытого основания и наименьшую неоднородность (в плане и по глубине).

В качестве определяющих факторов [3,4] приняты: технология производства работ, текстура намытого грунта, гидравлическая структура пульпы на откосе, гранулометрический состав и расчетные характеристики грунта, характер фракционирования грунтов, характер консолидации грунтов.

Моделирование процесса намыва и исследование влияния его параметров на свойства намытого грунтового основания

Полученные ранее теоретически и на основании мелкомасштабных модельных лабораторных исследований результаты намыва грунтов на пойменные территории требуют проверки в полевых условиях и на опытных участках.

Как показывают исследования, плотность сухого грунта увеличивается с уменьшением масштаба модели [1].

Это происходит за счет несоответствия удельных расходов пульпы на модели и в натуре, характеризующего различное динамическое воздействие потока пульпы на структуру намываемого грунта. При малых глубинах растекающегося потока пульпы скорость потока производит дополнительную упаковку (трамбование) отдельных частиц между собой.

Исходя из этого, на русловой площадке была создана экспериментальная установка для исследования намыва грунтов в масштабе 1:3.

В качестве пересчетной схемы, согласно проведенным исследованиям [1], принята стохастическая модель с учетом совокупности воздействия на процесс неустановившегося режима подачи пульпы, перемещения фронта намыва при перекладке пульпопроводов, наличие органических веществ и неоднородность карьерных грунтов, химизм водной среды и др., что определяет необходимость ввода в расчетные зависимости коэффициента случайности. Характеристики процесса фракционирования аналогичны исследованиям на моделях малого масштаба.

При моделировании соблюдены соответствия исходного грунта, концентрации гидросмеси, удельных расходов пульпы и технологических параметров.

В соответствии с проведенным моделированием на моделях малого масштаба и анализом карьерных материалов необходимо моделировать три состава песков: пылеватые, мелкие и средней крупности. Пески крупнозернистые, как редко встречающиеся, не моделировались.

Приняв в качестве основного расчетного показателя плотность сухого намытого грунта [3], система основных действующих факторов включает в себя: крупность и неоднородность состава и форму частиц. Согласно принятой методике моделирования раз-

меры установки определялись с учетом закона геометрического подобия.

Масштаб модели позволяет не учитывать его влияния на физико-механические свойства намывных грунтов. Удельные расходы пульпы модели и природы равны, что характеризует соблюдение кинематического подобия. Динамическое подобие, характеризующее турбулентность потока и определяемое постоянством числа Струхала потоков одинакового геометрического сечения в условиях турбулентной автомодельности, показывает наличие подобия в структуре потока.

Исследования подтверждают значительное влияние на плотность сухого грунта крупности, неоднородности состава и формы частиц грунта. Эти показатели предопределены карьерным грунтом, и так как изменений их в процессе намыва наблюдаться не будет, то и влиянием их на изменение плотности сухого намывного грунта при пересчете их в натуру можно пренебречь.

Влияние технологических параметров на плотность грунта, как подтвердили исследования [2], значительно: увеличение удельного расхода пульпы на откосе намыва приводит к увеличению плотности, что определяется влиянием интенсивности намыва на плотность укладки частиц грунта; снижение удельных расходов пульпы значительно снижает плотность намывного грунта; увеличение длины откоса позволяет также увеличивать плотность грунта и характеризуется изменением турбулентной структуры потока при изменении уклонов откоса.

Это требует при моделировании базироваться на основе соответствия технологического параметра

$$T = \frac{\sqrt{g \cdot h \cdot L \cdot \rho_s}}{g_s}, \quad (1)$$

где g - ускорение силы тяжести, м/с^2 ; h - глубина потока, м ; i - уклон откоса; L - длина откоса, м ; g_s - удельный расход водной составляющей пульпы, т/с ; ρ_s - плотность сухого грунта, т/м^3 .

В основу расчета модели положено условие, полученное А.И.Огурцовым [5],

$$T_{\text{мод}} = \sqrt{L_\lambda}, \quad (2)$$

где $T_{\text{мод}}$ - масштаб времени процессов на модели;

L_λ - линейный масштаб модели, характеризуемый геометрическим законом подобия.

Как подтвердили эксперименты, плотность укладки грунта, обуславливающая его механические и фильтрационные свойства, а также местные просадочные явления и усадки, зависит от состава карьерного грунта и технологической схемы намыва.

Исследуя влияние q_w и C_s на плотность укладки грунта, отмечено, что ее величина уменьшается как с увеличением удельного расхода q_w , так и консистенции C_s . Основное влияние определяется значительностью гидродинамического воздействия потока, местным уклоном и расчетной скоростью.

Анализируя зависимости плотности грунта от гидродинамического параметра $\rho \cdot h \cdot i$, подтверждается вывод, полученный на мелкомасштабных моделях, что на зависимость $\rho_s = f(\rho \cdot h \cdot i)$ основное влияние оказывает механический состав карьерных грунтов. Оптимальным расходом пульпы является $q_w = 6-12 \text{ л/см}$.

При увеличении q_w не наблюдается дальнейшего увеличения плотности намываемого грунта, что связано, на наш взгляд, с предельной возможностью уплотнения и упаковки частиц движущимся потоком.

Исследуя зависимость плотности грунта от коэффициента разнотонности $u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

и средней крупности грунта, характеризуемой параметром $\Pi = d_{50} \frac{d_{90}}{d_{10}}$, отмечено, что плотность укладки грунта повышается с увеличением Π при относительно постоянном коэффициенте разноразмерности u .

При анализе влияния на плотность укладки грунта и обобщенного технологического параметра $T = V/I$, подтвержден предварительный вывод, что с увеличением интенсивности намыва I уменьшается длина откоса L и снижается плотность укладки грунта.

Анализируя зависимость $\rho_d = f(T)$, можно отметить, что весь диапазон выполненных экспериментов позволяет достаточно точно предсказать значения плотности грунта при различных значениях технологического параметра $T > 500$.

Анализ связи $\rho_d = f(C_s^*, q)$ и $\rho_d = f(q_w, C_s)$ позволяет отметить, что полученные предварительные выводы подтверждаются полностью, т.е. увеличение q_w приводит к уменьшению ρ_d и тем значительнее, чем выше консистенция пульпы C_s .

Обратное же изменение технологических параметров, т.е. увеличение C_s с ростом q_w еще более значительно влияет на изменение ρ_d . Значение q_w , введенное в предварительном расчете при теоретическом анализе процесса намыва, незначительно отличается от фактически наблюдаемых удельных расходов пульпы. Погрешность не превышает 25%. Вместе с тем эта погрешность обуславливала занижение расчетного значения ρ_d , т.е. идет в запас прочности.

Анализируя величину удельного расхода твердых составляющих пульпы и концентрацию их в природном слое, необходимо отметить, что увеличение удельного твердого расхода и концентрация его в природном слое уменьшает плотность укладки намываемого грунта.

Проведение экспериментов в диапазоне консистенции пульпы 2-16% определяют оптимальную консистенцию $C_s = 8-10\%$, что подтверждается и другими исследованиями.

Исследования зависимости C_s на режим движения потока пульпы по откосу подтверждают достоверность полученной критериальной зависимости

$$F_r = 0.342 \cdot C_s^{1.152} \quad (3)$$

Анализ влияния влажности грунта (w) на его плотность позволяют отметить, что все значения ρ_d находятся в пределах плотности в предельно-рыхлом и предельно-плотном состояниях, однако функциональной зависимости $\rho_d = f(w)$ определить не удалось.

Проведенные геотехнические исследования и анализ зависимости сопротивления намываемых грунтов сдвигу, определяемым совместным действием сил внутреннего трения и удельного сцепления при различных вертикальных нагрузках по длине откоса, а также проведенных компрессионных испытаний для установления зависимости изменения сжимаемости грунтов по длине откоса, и исследований по процессу самоуплотнения намываемой грунтовой толщи в зависимости от технологических параметров намыва подтвердили в значительной мере предварительные выводы.

Сопротивление намываемых грунтов сдвигу по длине откоса увеличивается с увеличением плотности грунта и при этом чем крупнее фракции, тем более значительнее. Коэффициент же относительной сжимаемости $m_v = f(\rho_d)$ в диапазоне давлений $p=50+200$ кПа и $p=200+400$ кПа находится в обратной связи, т.е. большим значением ρ_d соответствует меньшее значение m_v .

Анализ осадки намываемых профилей с различными технологическими параметрами намыва (C_s , типа грунтов, u , q_w и др.) позволяет отметить, что величина относительной

осадки характеризующая самоуплотнение намывных грунтов, определяется мощностью намывного слоя, технологией и неоднородностью карьерных грунтов.

Исследуя процесс стабилизации свойств намывных грунтов необходимо отметить, что основная стабилизация ρ_d , φ и m , происходит в первые 30-60 суток.

Выводы

В работе на основании анализа имеющихся теоретических исследований и выполненных лабораторных мелкомасштабных модельных испытаний по намыву грунтов на пойменные территории, создана экспериментальная установка для проведения исследования процесса намыва грунтов масштабе 1:3. Проведена экспериментальная проверка спроектированных и технически обоснованных, на моделях малых масштабов, технологических способов намыва на пойменных территориях, обеспечивающих наибольшую плотность и наименьшую неоднородность намывного основания.

По результатам выполненных исследований получены экспериментальные зависимости плотности укладки грунта и деформационных характеристик грунтов намывных оснований от технологических параметров. Анализ зависимостей показал следующее:

- величина плотности укладки грунта уменьшается с увеличением удельного расхода q_w и консистенции;
- на зависимость $\rho_d = f(\rho \cdot h \cdot i)$ основное влияние оказывает механический состав карьерных грунтов;
- оптимальным расходом пульпы является $q_w = 6-12$ л/см;

- плотность укладки грунта повышается с увеличением $\Pi = d_{50} \frac{d_{90}}{d_{10}}$ при относи-

тельно постоянном коэффициенте разноразмерности $u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$;

- с увеличением интенсивности намыва u уменьшается длина откоса L и снижается плотность укладки грунта;
- весь диапазон выполненных экспериментов позволяет достаточно точно предсказать значения плотности грунта при различных значениях технологического параметра $T > 500$;
- увеличение q_w приводит к уменьшению ρ_d и тем значительнее, чем выше консистенция пульпы C_s ;
- увеличение удельного твердого расхода и концентрация его в природном слое уменьшает плотность укладки намывного грунта;
- проведение экспериментов в диапазоне консистенции пульпы 2-16% определяет оптимальную консистенцию $C_s = 8-10$ %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дедок В.Н., Шведовский П.В. Особенности лабораторного моделирования процесса намыва грунтов в условиях Юго-Западного региона Республики Беларусь // Вестник БрГТУ. – 2007. - №1(43): Строительство и архитектура. – С. 103-106.
2. Юфин А.П. Гидромеханизация. – М., Стройиздат, 1974, 224с.
3. Шнеер И.А. Влияние концентрации гидросмеси на плотность намывного грунта. «Гидротехническое строительство» №4, 1960, с.50-52.
4. Колпашников Н.П. Экспериментальные исследования намыва с использованием связных грунтов. Сборник трудов ГИСИ им.В.П.Чкалова, вып.26, 1957, с.37-61.
5. Огурцов А.И. Намыв земляных сооружений. - М., Госстройиздат, 1963. – 366 с, с илл.

УДК 658.511

Халавчук В.С.

Научный руководитель: к.э.н., доц., профессор Бояринцев Г.А.

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ООО «ОБЛИК»)

Научно-технический прогресс строительного производства и его интенсификация неразрывно связаны с дальнейшим развитием специализации строительства, которая создает благоприятные предпосылки для более полного и ритмичного использования средств. Передовая практика строительства последнего десятилетия доказала необходимость комплексного и системного подхода к решению вопросов специализации строительства. Развитие специализации является непрерывным диалектическим процессом, поэтому меры, принимаемые для управления его рациональным развитием, должны носить не разовый, а системный характер. Для эффективного управления специализацией необходимо также совершенствовать и углублять теорию по оценке ее развития, для этого необходимо совершенствовать старые и разрабатывать новые методы.

В качестве объекта исследования рассматривается негосударственная строительная организация, а именно: ООО «Облик» (г.Брест). В разрезе этой организации рассмотрены некоторые основные фактические производственно-экономические показатели, определяющие результаты их производственно-хозяйственной деятельности (см. табл.1).

Таблица 2. Динамика производственных показателей деятельности. ООО «ОБЛИК» за период 2002-2007гг. (в ценах 1991г.)

№ п/п	Наименование	Годы						
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	
1	Объем СМР, выполненный по генподряду, тыс.руб.	6352	5611	4695	6525	8747	14196	
2	Объем СМР, выполненный собственными силами, тыс. руб.	5756	5055	4308	6186	8332	13667	
3	Объем СМР, выполненных внешними субподрядными организациями, тыс. руб.	597	556	387	339	416	529	
4	Достигнутая выработка на одного работающего на СМР, и в подсобном производстве, руб.	26283	22668	19405	25457	30859	24894	
5	Численность работающих по основным категориям	Всего	287	301	302	332	362	549
		ИТР	58	62	66	73	75	84
		Раб.	219	223	222	243	270	445
		Служ.	10	16	14	16	17	20

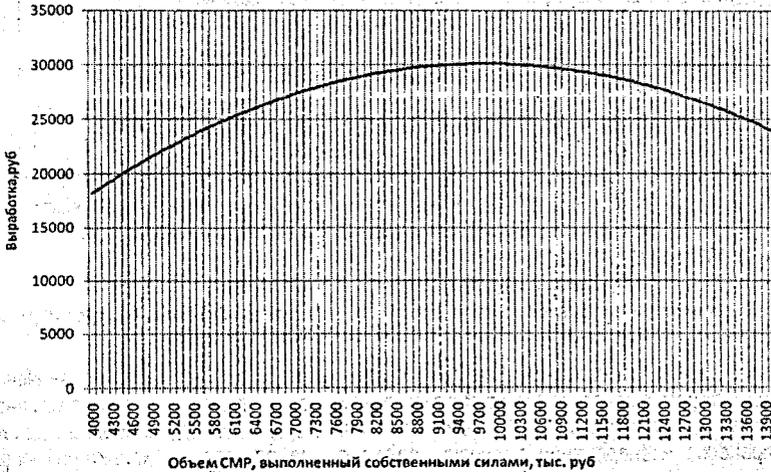
При разработке положений по определению оптимальных показателей, характеризующих эффективность развития внутрисистемной технологической специализации, используются методы статистического анализа и моделирования.

В таблице 1 представлена динамика производственно-экономических показателей деятельности ООО «Облик» за период 2002-2007 гг. Анализируя данные показатели, можно сделать вывод о том, что в 2004 г. наблюдался спад производства, но в 2005-2006 гг. произошел значительный рост объемов СМР (93%). Этот процесс шел не только за счет экстенсивных факторов (т.е. численности работающих, которая возросла на 20%), но в большей степени за счет интенсивных факторов (т.е. выработки, рост которой составил 59%). В 2007г. при росте объемов производства на 64%, по сравнению с 2006г. численность работающих увеличилась на 51% и как результат - произошло снижение выработки на 19%.

В качестве показателя эффективности строительного производства принята годовая выработка на одного работающего на СМР и в подсобном производстве (В), которая наиболее точно определяет относительное изменение общественного труда в строительстве.

В качестве показателя размера строительных организаций принят объем СМР, выполненный собственными силами (Q_{сс}).

Для получения линии регрессии зависимости выработки от объема СМР, выполненного собственными силами выбрана параболическая функция (рис. 1).



$$V(Q_{cc}) = -3868 + 6.92 \cdot Q_{cc} + 0.0003524 \cdot Q_{cc}^2$$

$Q_{cc, \text{опт}} = 10000$ тыс. руб; при котором $V_{\text{max}} = 30092$ руб.

Рис.1 Линия регрессии зависимости выработки от объема СМР, выполненного собственными силами

Экономико-статистическая модель в этом случае имеет вид:

$$V = a_1 + v_1 \cdot Q_{cc} + c_1 \cdot Q_{cc}^2 \quad (1)$$

где Q_{cc} - объем СМР, выполненный собственными силами; a_1, v_1, c_1 - коэффициенты.

Путем дифференцирования получаем оптимальное значение. В качестве показателя оценки развития внутрисистемной технологической специализации рассматривается показатель эффективного уровня развития технологической специализации:

$$Y_2' = \frac{Q_{\text{вн.с}}}{Q_{\text{опт.сс}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

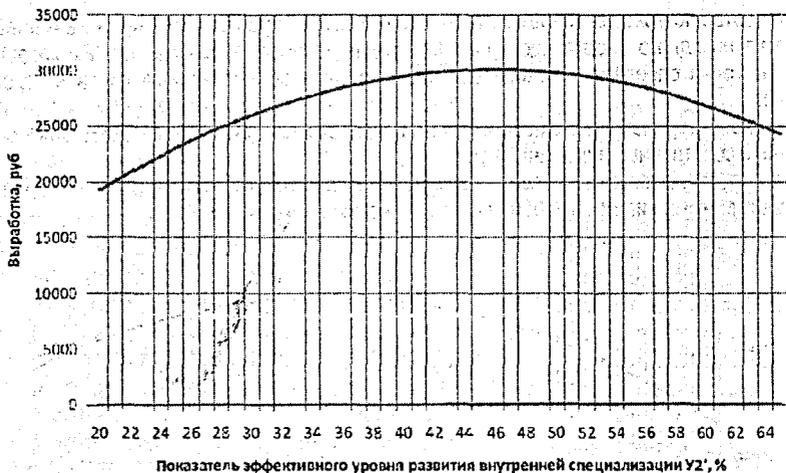
где Y_2' - эффективный уровень развития технологической специализации;
 $Q_{\text{вн.с}}$ - объем СМР, выполненный внутренними субподрядными подразделениями;
 $Q_{\text{опт.сс}}$ - оптимальный объем СМР, выполненный собственными силами.

Развитие технологической специализации в строительных организациях до определенного уровня обеспечивает рост выработки. Далее рассматривается зависимость вида $V = f(Y_2')$ (рис.2).

Экономико-статистическая модель имеет вид:

$$V = a_2 + v_2 \cdot Y_2' + c_2 \cdot Y_2'^2 \quad (3)$$

где Y_2' - показатель объема эффективного уровня развития технологической специализации; a_2, v_2, c_2 - коэффициенты.



$$V(U_2) = -3874 + 1478 \cdot U_2 - 16,079 \cdot U_2^2$$

$U_2^{\text{опт}} = 45\%$, при котором $V_{\text{max}} = 30076,03$ руб

Рис. 2 Линия регрессии зависимости выработки от показателя эффективного уровня развития внутрисистемной технологической специализации

После дифференцирования данного уравнения получим оптимальное значение $U_2^{\text{опт}}$, при котором выработка будет максимальной. Полученный уровень эффективной внутрисистемной специализации является оптимальным для исследуемой организации.

В процессе исследования получены оптимальные показатели, характеризующие эффективность внутрисистемной технологической специализации, а именно:

$Q_{\text{сс}}^{\text{опт}} = 9800$ тыс.руб (рис.1);

$Q_{\text{вн.с}}^{\text{опт}} = 4508$ тыс.руб;

$U_2^{\text{опт}} = 46\%$ (рис.2);

$V_{\text{max}} = 30103$ тыс.руб,

где $Q_{\text{сс}}^{\text{опт}}$ – оптимальный объем СМР, выполненный собственными силами;

$Q_{\text{вн.с}}^{\text{опт}}$ – оптимальный объем СМР, выполненный внутренними субподрядными подразделениями;

$U_2^{\text{опт}}$ – оптимальный показатель эффективного уровня развития внутрисистемной технологической специализации;

V_{max} – максимальная выработка на одного работающего на СМР и в подсобном производстве.

Полученные оптимальные значения можно сопоставить с фактически достигнутыми значениями этих показателей на 2007г.

$\Delta Q_{\text{сс}} = Q_{\text{сс}}^{\text{факт.}} - Q_{\text{сс}}^{\text{опт}} = 13667 - 9800 = 3867$ тыс. руб;

$\Delta Q_{\text{вн.с}} = Q_{\text{вн.с}}^{\text{факт.}} - Q_{\text{вн.с}}^{\text{опт}} = 6399 - 4508 = 1891$ тыс. руб;

$\Delta U_2 = U_2^{\text{факт.}} - U_2^{\text{опт}} = 63,99 - 46 = 18,99\%$;

$\Delta V = V^{\text{факт.}} - V_{\text{max}} = 24894 - 30103 = -5209$ руб.

В результате регрессионного анализа получены оптимальные показатели, характеризующие эффективность развития внутрисистемной технологической специализации.

Произведенный анализ динамики производственных показателей деятельности ООО «Облик» за период 2002-2007г.г. показал, что рост объемов СМР, выполненных собственными силами, в 2007г. достигнут преимущественно за счет экстенсивных фак-

торов (рост численности работающих), когда как в 2006г. рост объемов был достигнут в основном за счет интенсивных факторов (рост производительности труда).

Предложенная методика может быть использована при анализе структурных изменений выполняемых СМР при планировании производственной программы строительных систем основного звена управления (трест, объединение).

Литература

1. Банди Б. Основы линейного программирования. – М.: Радио и связь, 1989.
2. Бояринцев Г.А. Исследование вопросов развития технологической специализации в строительстве №8 г.Брест: Информ.листок. – Бр.: Брест.центр науч.-техн.информ., 1988.
3. Бояринцев Г.А., Халавчук В.С. «Влияние структурных изменений смр на производственные показатели деятельности ООО «Облик»». Статья Вестник БрГТУ. – 2008 – №1: Строительство и архитектура.
4. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988.
5. Коротков Е.А., Березин В.П. Специализация в строительстве. – М.: Стройиздат, 1997.
6. Шмойловой, Р.А. Теория статистики/ проф. Шмойловой Р.А. – М.: "Финансы и статистика", 1996.

УДК 624.155.001.24

Дёмин В.В., Рудницкий Д.С.

Научные руководители: профессор, к.т.н. Шведовский П.В., ст. препод. Дёмина Г.П.

ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сегодня, в связи с технической перевооруженностью строительных организаций, позволяющей возводить один и тот же тип фундаментов разными способами, как никогда ранее возросла роль оптимального проектирования фундаментов. Например, количество возможных технологий устройства только буронабивных свай в настоящее время составляет несколько десятков. При этом способ устройства влияет не только, и даже не столько, на трудоемкость или стоимость свай, сколько на ее несущую способность.

В целом на процесс принятия решения по фундаментам могут оказать следующие факторы: исходные данные (геологические и гидрогеологические характеристики, параметры здания или сооружения и т.д.); строительные технико-экономические ограничения (ограничения по глубине копания, гибкости конструкции и т.д.); заводские ограничения (технологическое несовершенство имеющегося оборудования и машин и др.); специфические ограничения проектируемой технологии (выбранного метода); стандартные ограничения (ограниченность стройплощадки и др.); ограничения, имеющие решающее значение (срок строительства, отсутствие специальных материалов и изделий и т.д.).

В разработке методов выбора оптимальных решений фундаментов можно выделить следующие основные направления: аналитические методы; номографические методы; графоаналитические методы; методы совершенствования вариантного проектирования на основе использования таблиц; методы математического моделирования процесса проектирования фундаментов с выбором оптимальных вариантов на ЭВМ [1, 2, 3].

Рассмотрим кратко методы выбора оптимальных решений фундаментов по каждому из этих направлений. В основу аналитического метода положено исследование на экстремум функции стоимости (или другого показателя, принятого в качестве критерия оптимальности) от его параметров $C = f(x_i)$. Основным инструментом аналитического метода являются уравнения, получаемые путем приравнивания нулю первой производной функции стоимости по выбираемым параметрам $C'(x_1)=0$; $C'(x_2)=0$ и т.д. Из решения этих

уравнений находятся значения параметров x , при которых функция $C = f(x)$ имеет минимум или максимум, что выясняется определением знака второй производной $C''(x)$ при найденных значениях x .

Зная значения параметров, при которых функция имеет экстремум, легко представить в общем виде характер изменения этой функции и найти области ее минимальных значений. При этом может встретиться несколько случаев, отличающихся по положению области минимальных значений стоимости фундамента (рис. 1):

- функция $C = f(x)$ на положительном интервале изменения параметров имеет единственное экстремальное значение x , соответствующее минимуму (кривая 1);
- функция $C = f(x)$ имеет единственное экстремальное значение x , при котором C имеет максимум (кривая 2);
- функция $C = f(x)$ имеет несколько экстремальных значений x ; (кривая 3);
- функция $C = f(x)$ не имеет экстремальных значений x , является монотонно возрастающей (кривая 4) или убывающей (кривая 5).

Характер кривой зависимости $C = f(x)$ определяется количеством действительных положительных корней уравнения, применяемого для выбора оптимальных параметров. При наличии одного корня уравнения эта зависимость будет выражаться кривыми 1 или 2, двух корней - кривой 3.

Если уравнения не имеют положительных действительных корней, то функция $C=f(x)$ будет монотонно убывающей (при $C'(x)<0$) или возрастающей (при $C'(x)>0$).

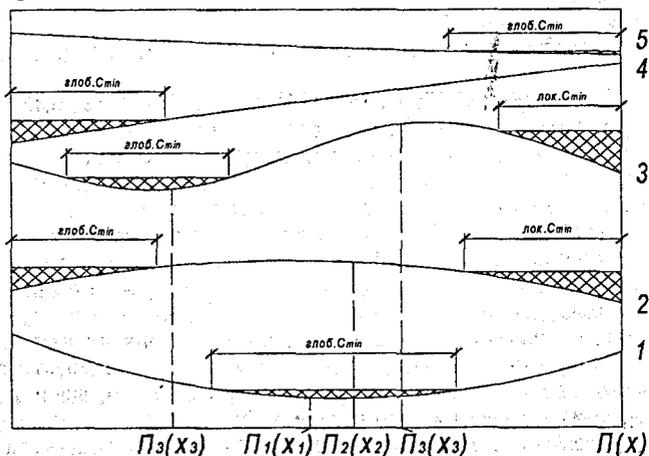


Рис. 1 Общий вид стоимостной функции фундаментов в зависимости от обобщающего критерия расчетных параметров

Как на вогнутых кривых, так и на кривых, имеющих монотонный характер, имеется одна область параметров, которым соответствует минимальное значение функции C . В этом случае значения C , соответствующие этой области изменения параметров будут представлять собой глобальный минимум функции $C = f(x)$ на заданном интервале изменения x .

На выпуклых же кривых и кривых, имеющих несколько экстремальных точек, имеется две или несколько областей минимальных значений функции C , одна из которых представляет собой область глобального минимума функции $C = f(x)$ для заданного интервала изменения аргумента, а другие - локального минимума. Для определения об-

ласти глобального минимума в этом случае необходимо произвести сравнение значений функции C при значениях выбираемого параметра, принадлежащих каждой из выявленных областей минимальных значений функции. При изменении функции по выпуклой кривой такое сравнение надо произвести при минимально и максимально возможном значении выбираемого параметра.

Выбрав область глобального минимума функции $C = f(x)$, назначаются наиболее экономичные значения x_i из числа заданных в конкретных условиях проектирования таким образом, чтобы эти параметры находились в области глобального минимума функции $C = f(x)$ или были максимально близкими к ней [4].

Рассмотрим применение аналитического метода на примере выбора оптимальных параметров фундаментов из буронабивных свай.

В качестве критерия оптимальности будем рассматривать стоимость устройства свайного фундамента на 10 м.п.:

$$C = C_{св}V_{св} + C_pV_p + C_3V_3, \quad (1)$$

где $C_{св}$, C_p , C_3 - стоимость выполнения единицы объема соответственно при устройстве ствола свай, ростверка, земляных работ; $V_{св}$, V_p , V_3 , - объем соответственно: ствола свай, ростверка и земляных работ.

Если выразить входящие в формулу (1) объемы работ через нагрузку на фундамент (N), характеристики грунтов основания (R^H , f^H , E , μ , C , γ) и параметры фундамента ($1_{св}$, d , n , H , h , a), то получим функцию стоимости устройства фундаментов от перечисленных факторов:

$$C = f(N, R^H, f^H, \gamma, d, n, 1_{св}, H, h, a), \quad (2)$$

где N - вертикальная нагрузка на фундамент; R^H , f^H - нормативное сопротивление грунтов под подошвой и по боковой поверхности свай; γ - удельный вес грунтов; $1_{св}$, d , - соответственно глубина заложения, диаметр ствола свай; H и h - глубина заложения подошвы и высоты ростверка; a - расстояние между осями свай в ряду, n - количество свай.

Задача выбора оптимального решения сводится к определению значений $1_{св}$, d , n , H , h , a , которым соответствует минимальное значение стоимости фундамента.

Математические затруднения, возникающие при точном решении этой многофакторной задачи, а также необходимость получить достаточно простые и приемлемые для практического использования результаты делают неизбежным принятие целого ряда допущений и упрощений.

С учетом допущений, не влияющих значительно, функция (2) может быть преобразована в функцию двух независимых переменных, например, количества свай n на 1 м.п. и глубины заложения подошвы свай x - $C = f(n, x)$.

Но так как отыскание минимума функции двух переменных в данном случае приводит к очень сложным решениям, которые не могут быть использованы для практического применения, функцию необходимо свести к функции одного переменного или осуществить выбор оптимальных параметров поочередно, полагая один из параметров неизменным.

В данном случае более предпочтительным является второй путь, так как оптимальное значение количества буронабивных свай всегда может быть определено из сравнения двух вариантов фундаментов (при минимальном и максимальном количестве свай на 1 м.п.), так как зависимость стоимости фундамента от количества свай в кусте всегда выражается выпуклой кривой. Исходя из этого, принимаем $n = \text{const}$. Дифференцируя функцию по x и приравнявая первую производную C'_x нулю, получим следующее уравнение для определения оптимальной глубины заложения подошвы буронабивных свай: $-x_2 + px + q = 0$.

Исследования зависимости технико-экономических показателей фундаментов из буронабивных свай от количества и размеров показали, что при $n = \text{const}$ и увеличении

длины свай стоимость фундамента изменяется по вогнутой кривой с наличием минимума при определенной длине или по возрастающей кривой. Из этого следует, что любому действительному положительному корню уравнения соответствует оптимальное значение глубины заложения подошвы свай. В случаях, когда уравнение не имеет действительных положительных корней, оптимальной будет минимальная длина свай.

После нахождения оптимальной глубины заложения подошвы свай определяются соответствующие оптимальному решению значения диаметра ствола d .

Как видно из приведенного выше, аналитический метод выбора оптимальных решений фундаментов требует достаточно больших вычислительных работ. Сократить которые позволяет номографический метод.

В основу метода положено номограммирование уравнений, выражающих граничные условия и условия минимума функции стоимости фундамента от длины свай. Граничные условия выражают требования расчета фундаментов по первому предельному состоянию в соответствии с действующими нормами. В качестве условия минимума стоимости принято равенство нулю первой производной ее функции от длины свай.

Оптимальная глубина заложения подошвы свай определяется по номограмме (рис.2) в зависимости от значений вспомогательных величин, т. е. $X = f(a_4, a_5, a_6, a_7)$, вычисленных по формулам:

$$a_4 = a_1(2B - B'a'); \quad a_5 = B(B - 0,5B'a'); \quad a_6 = a_1(a_1 - A'a'); \quad a_7 = \alpha B(a_2 + A'H), \quad (3)$$

где $a_1, a_2, \alpha, B, B', A, A'$ - вспомогательные номографируемые величины.

В случаях, когда разрешающая прямая номограммы не пересекается со шкалой X , стоимость фундамента будет минимальной при наименьшей возможной длине свай.

Если на фундамент, кроме вертикальной нагрузки, действуют моменты, то при выборе оптимальной длины свай вместо величины N берется значение N_3 .

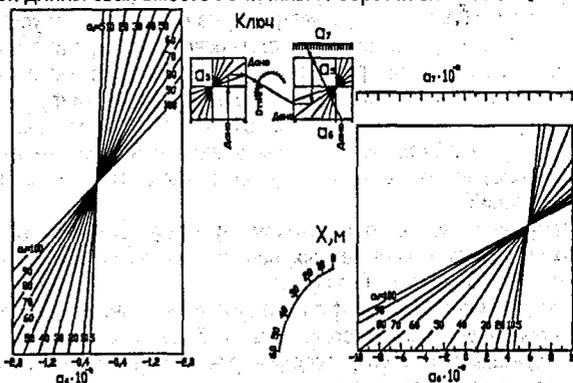


Рис. 2 Номограмма для определения оптимальной длины буронабивных свай

Как видно из приведенного выше, область применения аналитического и номографического методов ограничивается определением оптимальных значений отдельных параметров фундаментов при большом количестве допущений. Другим существенным ограничением в применении этих методов является обязательно существование монотонной функциональной зависимости стоимости фундамента от его параметров. Такую зависимость часто оказывается получить невозможно в основном из-за структуры расценок на отдельные конструктивные элементы фундамента. Например, если стоимость устройства буронабивных свай может быть с достаточной точностью выражена эмпирической непрерывной зависимостью функции от размеров свай, то нормы и расценки на устройство забивных свай разных размеров изменяются скачкообразно. В связи с этим

применение аналитического или номографического метода для выбора экономических параметров фундаментов из забивных свай вызывает большие осложнения.

Для выбора оптимальных параметров фундаментов из забивных свай без применения ЭВМ наиболее эффективным является графоаналитический метод, основывающийся на использовании диаграмм, таблиц переходных коэффициентов и простейшей формулы [2]. Такая методика позволяет быстро определять по диаграммам и сравнивать технико-экономические показатели устройства свайных фундаментов при различных размерах свай в любых инженерно-геологических условиях и при любых нагрузках на фундамент.

Однако построить диаграммы для всех сочетаний исходных данных практически невозможно; так как существует огромное разнообразие грунтовых условий, нагрузок, типов и размеров свай и других исходных данных. Упростить эту задачу и ограничиться сравнительно небольшим числом диаграмм позволяет использование метода перехода от любой заданной нагрузки на фундамент к эквивалентной ей вертикальной центрально приложенной силе, что дает возможность ограничиться при составлении диаграмм лишь вертикальными центрально приложенными нагрузками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шведовский П.В., Мальцев А.Т., Вейнгарт В.П. Выбор оптимальных решений в строительстве. ЦНИИЭПсельстрой, Ярославль, 1990. – 310с.
2. Романов С.В., Капустин С.В. Разработка и создание автоматизированной системы оптимального проектирования фундаментов каркасных зданий. Сб. Снижение материалоемкости строительства. – Киев: Будівельник, 1983.-с. 102-126.
3. Руководство по выбору проектных решений фундаментов. НИИОСП, НИИЭС, ЦНИИпроект Госстроя СССР. – М: Стройиздат, 1984.-193 с.
4. Кречин А.С., Чернюк В.П., Шведовский П.В. и др. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках. Карте Молдовеняскэ, Кишинев, – 1990. – 245с.

УДК 624.155.001.24

Дёмин В.В., Рудницкий Д.С.

Научные руководители: профессор, к.т.н. Шведовский П.В., ст. препод. Дёмина Г.П.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

Выбор оптимального решения по устройству фундаментов простым перебором возможных вариантов, даже на самых быстродействующих ЭВМ, не всегда обеспечивают ее решение за реально приемлемое время из-за огромной размерности этой задачи. Поэтому целесообразно применять специальные методы оптимизации, позволяющие находить оптимальные решения путем просмотра ограниченного количества вариантов. К таким методам можно отнести методы направленного перебора вариантов, планирования экстремального эксперимента, градиентный метод или метод круглого восхождения.

В качестве примера применения метода направленного перебора рассмотрим поиск оптимальной схемы размещения свай методом односторонних итераций.

Физический смысл задачи оптимизации размещения свай заключается в выборе такой схемы размещения, которая обеспечивала бы минимальную площадь ростверка при удовлетворении расчетов по первому и второму предельным состояниям, и при соблюдении конструктивных ограничений на размеры ростверка.

При этом считаются известными рациональные формы размещения любого количества свай, обеспечивающие равномерную загрузку свай, поэтому оптимизируемыми яв-

ляются только линейные параметры: расстояние между рядами свай вдоль оси X (d_a) и вдоль оси Y (d_b). Количество рядов свай m_a вдоль оси X и m_b вдоль оси Y известно.

Математическая модель поставленной задачи сводится к минимизации функции S :

$$S = [(m_a - 1)d_a + d + 1] [(m_b - 1)d_b + d + 1], \quad (1)$$

где d - диаметр ствола сваи или сторона квадратного сечения, m , l - свес ростверка от внешней грани сваи до края ростверка, m , при наложенных ограничениях

$$d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max} \quad d_{\min} \leq d_b \leq d_{\max}$$

$$\text{и } K_n \Phi \geq \frac{N + \gamma_{cp} K [(m_a - 1)d_a + d + 1] [(m_b - 1)d_b + d + 1] H}{n}, \quad (2)$$

где d_{\min} и d_{\max} - соответственно минимальное и максимальное допускаемые расстояния между рядами свай, определяемые конструктивно, m ; N - вертикальная сила; Φ - несущая способность сваи, kH ; K_n - допускаемый коэффициент перегрузки свай; γ_{cp} - усредненный удельный вес ростверка и грунта на его обрезах; kH/m^3 ; K - коэффициент перегрузки веса ростверка и грунта на его обрезах; n - количество свай.

Поиск ведется с постоянным значением величины шага итераций (Δd), назначаемым в соответствии с логически допустимой точностью получения конечных результатов.

Полученные в результате односторонних итераций значения d_a и d_b определяют схему размещения свай с минимальной площадью ростверка.

В качестве примера применения метода круглого восхождения и планирования экстремального эксперимента рассмотрим методику выбора оптимальных размеров свайного ростверка.

Рассмотрим решение этой задачи методом круглого восхождения в сочетании с планированием экстремального эксперимента в следующей постановке [1].

Ростверк может быть как симметричным, так и несимметричным. Количество ступеней может быть различным от 1 до n . Высота ступеней принимается одинаковой относительно всех граней. К моменту подбора размеров ступеней считаем известными: количество и схему размещения свай в кусте, усилия на каждую сваю, размеры подошвы ростверка, общую высоту ростверка. В качестве критерия оптимальности принят минимум стоимости ростверка с учетом расхода арматуры.

При указанной постановке независимыми переменными (факторами) являются: высота первой ступени h_1 , высота второй ступени h_2 , ... высота n -й ступени h_n . Все другие переменные факторы, влияющие на стоимость ростверка, являются зависимыми. Таким образом, задача сводится к отысканию минимума функции $C_p = f(h_1, h_2, \dots, h_n)$ при удовлетворении всех условий расчета ступеней на действие поперечной силы, на изгиб и на продавливание, а также конструктивных ограничений.

Применение метода планирования экстремального эксперимента в данном случае основано на том, что в качестве опыта (эксперимента) принимается вычисление значения стоимости ростверка C_p при определенном сочетании X_1, X_2 . Сочетания значений X_1, X_2 принимаются в соответствии со специальной матрицей, позволяющей найти математическую модель функции $C_p = f(X_1, X_2)$. В качестве такой матрицы планирования эксперимента принята матрица полного факторного эксперимента типа 2^2 , приведенная в табл. 1.

Таблица 1 Матрица планирования эксперимента

№ опыта (вариант расчета)	Матрица варьирования				C_p , руб.
	X_0	X_1	X_2	$X_1 X_2$	
1	+1	+1	+1	+1	C_{p1}
2	+1	+1	+1	-1	C_{p2}
3	+1	+1	-1	-1	C_{p3}
4	+1	+1	-1	+1	C_{p4}

В табл. 1 обозначению +1 соответствуют значения факторов на верхнем уровне, а -1 на нижнем уровне, определяемые по формулам:

$$X_1^{(\pm 1)} = h_2^0 \pm \Delta h_{cm} \quad \text{и} \quad X_2^{(\pm 1)} = h_1^0 \pm \Delta h_{cm}, \quad (3)$$

где h_1^0, h_2^0 - высота первой и второй ступеней, соответствующая основному уровню (исходному варианту) конструкции ростверка; Δh_{cm} - шаг (интервал) изменения высоты ступеней.

При принятых комбинациях значений X_1, X_2 , соответствующих табл. 1, расчетами на действие поперечной силы, на изгиб и на продавливание определяются значения ширины ступеней ростверка, расход арматуры, объем бетона ростверка и вычисляются стоимости $C_{p1}, C_{p2}, C_{p3}, C_{p4}$.

После определения стоимости ростверка при рассмотренных четырех сочетаниях X_1, X_2 вычисляются коэффициенты регрессии функции отклика, в качестве которой принимается линейная зависимость

$$C_p = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2, \quad (4)$$

$$\text{где } b_0 = \frac{\sum_{i=2}^4 C_{pi}}{4}; \quad b_1 = \frac{\sum_{i=1,3,4} C_{pi} - C_{p2}}{4}; \quad b_2 = \frac{\sum_{i=1,2} C_{pi} - \sum_{i=3,4} C_{pi}}{4}; \quad b_{12} = \frac{\sum_{i=1,4} C_{pi} - \sum_{i=2,3} C_{pi}}{4}. \quad (5)$$

Для поиска оптимальных значений X_1 и X_2 осуществляется крутое восхождение путем движения по поверхности отклика в направлении антиградиента. Для этого последовательно определяются и сопоставляются стоимости ростверка при следующих комбинациях значений:

$$X_1 = h_2^0; X_2 = h_1^0; X_1 = h_2^0 - \Delta h_{cm}; X_2 = h_1^0 - \Delta h_{cm};$$

$$X_1 = h_2^0 - 2\Delta h_{cm}; X_2 = h_1^0 - 2\Delta h_{cm}; X_1 = h_2^0 - 3\Delta h_{cm}; X_2 = h_1^0 - 3\Delta h_{cm}, \quad (6)$$

и т. д. до тех пор, пока стоимость ростверка начнет увеличиваться. Здесь Δh_{cm} и $2\Delta h_{cm}$ - шаги изменения факторов X_1 и X_2 при крутом восхождении, значения которых определяются следующим образом:

$$\text{при } |b_1| \geq |b_2| \text{ принимается } \Delta h_{cm1} = \Delta h_{cm}, \quad \Delta h_{cm2} = \frac{|b_2|}{|b_1|} \Delta h_{cm};$$

$$\text{при } |b_1| < |b_2| \text{ - } \Delta h_{cm1} = \frac{|b_1|}{|b_2|} \Delta h_{cm}, \quad \Delta h_{cm2} = \Delta h_{cm}.$$

Знак Δh_{cm1} принимается таким же, как знак b_1 , а знак Δh_{cm2} - как знак b_2 .

Ну и бесспорно, более чем целесообразно, имея сегодня мощнейшие вычислительные комплексы, искать решения на базе "наибольшей предпочтительности", т.е. оптимизации совокупности показателей эффективности, то собственно решение представимо в виде следующих частных задач [2, 3, 4]:

-разработать способ представления вариантов, удобный для полного перебора вариантов из исходного множества;

-разработать полный набор показателей эффективности, которые должны учитываться при оценке каждого варианта, шкалы оценок по каждому показателю эффективности и процедуру оценок;

-построить формальные процедуры, позволяющие выделить из исходного множества вариантов (альтернатив) подмножество наиболее предпочтительных вариантов;

-разработать формальную процедуру, позволяющую на основе подмножества наиболее предпочтительных вариантов построить ряд предпочтительности альтернатив.

А это требует:

-обоснование набора критериев эффективности, подлежащих рассмотрению в усло-

виях данной модели;

-оценка относительной предпочтительности критериев или построение некоторой шкалы предпочтительности (определения значимости);

-определение условий возможного компромиссного варианта решения, т. е. выбор схем компромисса и расчета обобщенного критерия.

Отсюда в общей форме задача многоцелевого выбора может быть сформулирована следующим образом. Пусть a - решение (вариант, альтернатива) из множества допустимых решений A . Качество решения оценивается локальными критериями (показателями эффективности) x_1, x_2, \dots, x_n .

В наиболее общем случае такая модель может быть представлена в виде функции

$$k_{ki} = f_{ki}(k_{a1}, k_{a2}, \dots, k_{aj}, \dots, k_{an}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (7)$$

где k_{aj} , k_{ki} - показатели, характеризующие определенное свойство или особенность соответственно конструктивного и организационно-технологического решения.

Однако, учитывая наличие и обратных связей, необходима и разработка моделей типа

$$k_{aj} = \varphi_{aj}(k_{k1}, k_{k2}, \dots, k_{ki}, \dots, k_{km}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (8)$$

с помощью которых может оцениваться влияние конструктивных факторов на технологические решения.

Так как технологические и конструктивные параметры взаимосвязаны, то необходима и разработка моделей типа

$$\begin{aligned} k_{ai} &= \psi_j(k_{a1}, k_{a2}, \dots, k_{aj}, \dots, k_{an}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \\ k_{ki} &= \psi_i(k_{k1}, k_{k2}, \dots, k_{kj}, \dots, k_{km}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (9)$$

Что же касается вида показателей эффективности и критериев сравнения, то они должны выбираться исходя из поставленных целей, а значимость показателей эффективности - устанавливаться в зависимости от вида решаемой задачи.

В общем виде модель многоцелевого выбора, соответствующая данной формулировке, может быть записана в следующем виде:

$$a^0 = \varphi^{-1}[\text{opt}(x(a), \lambda)], \quad (10)$$

или при случае, когда существует не единственное рациональное решение, выделяется подмножество решений A^0 с моделью более общего вида:

$$A^0 = \{a^0\} = \bigcup_{a \in A} \varphi^{-1}[\text{opt}(x(a), \lambda)], \quad (11)$$

где opt - оператор многоцелевого выбора, показывающий принцип оптимизации и оптимизирующий векторный критерий; φ^{-1} - обратное отображение $x \rightarrow a = \varphi^{-1}(x)$.

Логическая схема, позволяющая реализовать все эти задачи и выбрать альтернативные варианты, представлена на рис. 1.

Следует отметить, что реализация многоцелевого выбора требует также четкого определения области и схемы компромисса решений, нормализации и учета приоритетности анализируемых решений. При реализации любых технических задач всегда можно отыскать область возможных решений, в которой показатели эффективности (ПЭ) непротиворечивы, т. е. они согласуются, и поэтому оптимальное решение целесообразно искать только в области компромисса. Область компромисса, с практической точки зрения, определяется как подмножество решений, для которых невозможно улучшение без уменьшения уровня хотя бы одного показателя эффективности [5, 6].

Задачи определения области компромисса по моделям могут быть решены различными методами направленного поиска, адаптированного поиска, аппроксимации и т. д. Когда количество возможных вариантов решений и количество ПЭ ограничено, задача многоцелевого выбора может быть удобно представлена в виде матрицы. Процедура

определения областей компромисса может быть выполнена и с использованием алгоритмов оценки доминирования, что позволяет значительно сузить область нахождения оптимальных решений, т.е. область компромиссов можно принять за оптимальное (рациональное) решение.

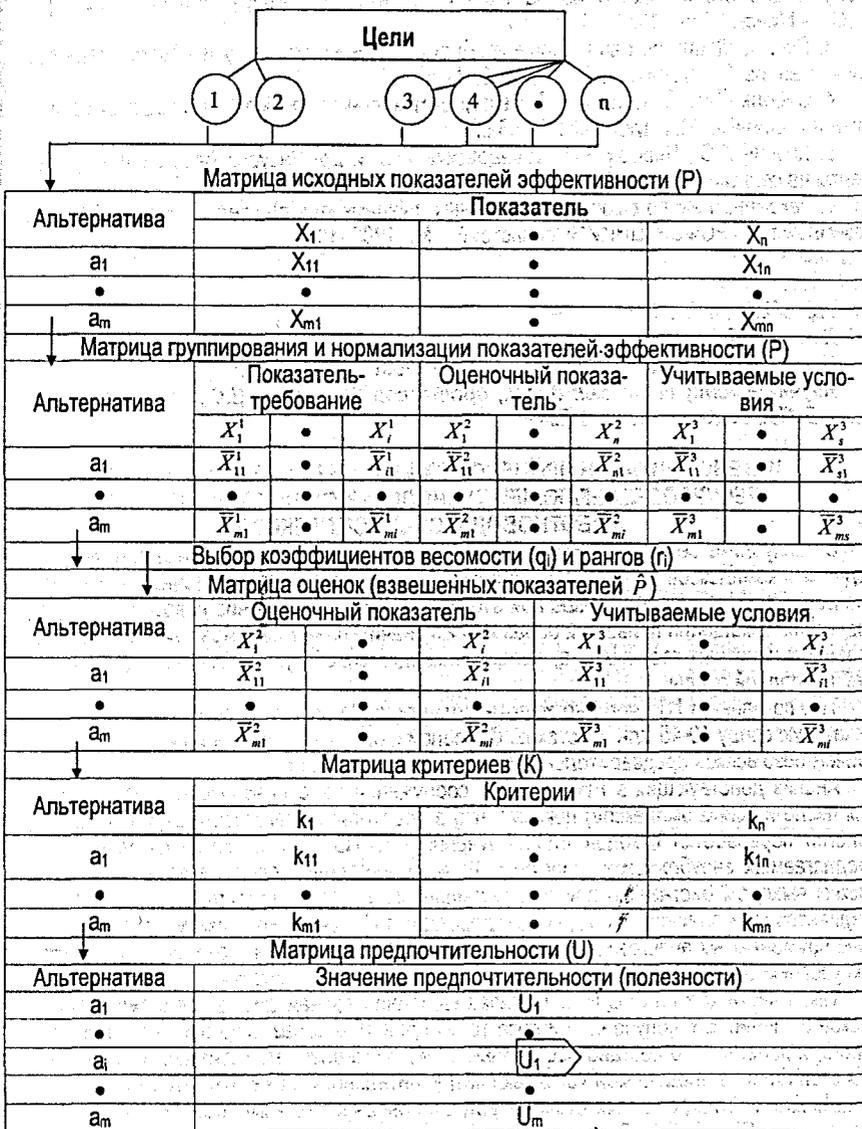


Рис. 1 Логическая схема реализации задачи по выбору оптимального решения

ЛИТЕРАТУРА

1. Шведовский П.В., Мальцев А.Т., Вейнгарт В.П. Выбор оптимальных решений в строительстве. ЦНИИЭПсельстрой, Ярославль, 1990. – 310с.
2. Рекомендации по оценке и выбору рациональных конструкций фундаментов для гражданского строительства на намывных территориях Белорусской ССР. Госстрой БССР. - Минск, ИСИА, 1982. - 40 с.
3. Рекомендации по рациональной области применения в строительстве свай различных видов. Госстрой СССР. - М., 1978.-17 с.
4. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями.- М: Наука, 1981. - 196 с.
5. Кречин А.С., Чернюк В.П., Шведовский П.В. и др. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках, Карте Молдовеняскэ, Кишинев, - 1990. – 245с.
6. Рекомендации по выбору экономичных фундаментов для сельских зданий Нечерноземной зоны РСФСР. ЦНИИЭПсельстрой. - М., 1985.-18 с.

УДК 662.76, 628.356

Янчилин П.Ф.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Новосельцев В.Г.;

Научные консультанты: д.т.н., профессор Северянин В.С.; член-корреспондент БИТА, доцент Урецкий Е.А.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ БИОГАЗОВОЙ СМЕСИ В РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В Республике Беларусь построено и эксплуатируется большое количество животноводческих комплексов, основанных на применении прогрессивных поточных технологий производства мяса. Применяемое при этом гидросмывное удаление навоза из животноводческих помещений привело к образованию значительных объемов высококонцентрированных навозных сточных вод, представляющих серьезную опасность для окружающей природной среды.

Так, по данным [1] ежегодно животноводческие комплексы республики вносят в окружающую среду 40-45 млн. м³ стоков. Основной формой их утилизации является полив, причём безо всякой предварительной очистки и дезинфекции.

Анализ действующих в РБ очистных сооружений животноводческих комплексов (в том числе и свинокомплексов) показал, что в республике практически отсутствуют технологии переработки отходов для получения биогаза. Что же касается технологий, предлагаемых зарубежными фирмами, то и их внедрение сдерживается: во-первых, низким выходом биогаза по причине большого количества ингибирующих процесс ингредиентов (аммонийного азота, сероводорода и пр.); во-вторых, низким к.п.д. традиционно применяемых энергетических установок, работающих на биогазе; в-третьих, высоким уровнем загрязнения воздушного бассейна продуктами сгорания.

Так, в частности на СГЦ РУСП «Западный» иностранная фирма предложила техническое решение для получения биогаза только для 10% образующегося навоза, да и то строго определенного состава. Остальные 90%, по мнению этой фирмы, использовать для этой цели на внедряемой установке затруднительно. Она же отказалась и от очистки высококонцентрированных сточных вод свиноводческого комплекса. Решение этого вопроса для СГЦ РУСП «Западный» крайне важно. Как известно, свиноводческий комплекс на 100 000 голов вносит со сбрасываемыми стоками такое количество биологических загрязнений, которое эквивалентно городу с 300 000 жителей.

В декабре 2007 г. выездом на объект внедрения авторский коллектив ознакомился с предлагаемым техническим решением. При ознакомлении выяснилось:

- выход биогаза оказался значительно ниже проектного;
- в составе биогаза оказались компоненты, сдерживающие использование его в двигателях внутреннего сгорания для получения электроэнергии. На момент ознакомления с установкой, биогаз сбрасывался в атмосферу, а двигатели, предназначенные для работы на биогазе, работали на природном газе.

В настоящее время, на наш взгляд, для интенсификации работы смонтированной биогазовой установки необходимо решить три проблемы;

- во-первых, повысить объем выхода биогаза;
- во-вторых, добиться более эффективного сжигания;
- в-третьих, с целью уменьшения загрязнения атмосферы токсичными ингредиентами осуществить дожигание газовых выбросов.

Что касается первой проблемы, то ранее проведенные исследования Урецким Е.А. подтвердили возможность эффективного удаления аммонийного азота (более 80%) с помощью предварительной реагентной очистки [2]. В процессе очистки происходит связывание аммонийного азота в практически нерастворимый магний-аммоний ортофосфат - комплексное минеральное удобрение, широко используемое под все сельскохозяйственные культуры. Важным следствием проведенных исследований является то, что связывание аммонийного азота в $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ позволяет управлять соотношением C:N. Как известно, поддержание оптимального соотношения C:N способствует увеличению выхода биогаза.

Что касается второй и третьей проблемы, то весьма эффективным и экономичным способом сжигания полученной газовой смеси может стать пульсирующее горение, в частности слоевое пульсирующее горение. При этом оно может быть использовано и для дожигания газовых выбросов после других установок термической обработки, не обеспечивающих достаточную степень разложения малых концентраций токсичных ингредиентов перед выбросом в окружающую среду.

Слоевое пульсирующее горение основано на явлении «трубы Рийке» [3] - автоколебания газа в открытой с двух сторон трубе при наличии подвода теплоты к газу от нагретой решетки. Северянин В.С. заменил нагретую решетку слоем горящего кускового топлива [4]. В этом случае тепло, необходимое для поддержания колебаний газа в трубе, выделялось при сгорании топлива, а колебания газа, тем временем, влияли на процесс горения топлива.

Основные преимущества теплотехнического оборудования, которое использует пульсирующее горение, по отношению к традиционным топливосжигающим устройствам, таковы:

- высокий коэффициент полезного действия (КПД);
- простота конструкции и обслуживания;
- надежность и долговечность;
- безопасность эксплуатации;
- возможность модернизации, перевода на другие виды топлива;
- широкий диапазон регулирования;
- малая удельная материалоемкость;
- снижение потребления электроэнергии на собственные нужды;
- интенсификация горения и конвективного теплообмена;
- очищающее действие на поверхностях нагрева;
- снижение выбросов оксидов азота и сажи и т. д.

В качестве газообразного топлива для таких установок может быть использован природный газ, водород, биогаз, генераторный газ, а также смеси различных углеводородов [5].

При дожигании существующих газовых выбросов возникает проблема обезврежива-

ния в них токсичных ингредиентов, находящихся в малых концентрациях. Согласно закону действующих масс, в однородной среде при постоянной температуре скорость реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ. При этом для протекания процесса прежде всего необходимо, чтобы произошло столкновение молекул реагирующих веществ. Чем больше количество молекул в единице объёма, тем выше скорость реакции. И наоборот, чем меньше концентрации реагирующих веществ, тем меньше скорость химической реакции. Именно это характерно для нашего случая. Существующие способы дожигания различных газов, содержащих малые концентрации токсичных соединений (каталитический, термokatалитический и др.) энергозатратны, дорогостоящи, требуют применения дорогих катализаторов, содержащих платину, титан, и др. [6].

Предлагаемый способ слоевого пульсирующего горения обеспечивает более полное обезвреживание токсичных ингредиентов за счёт высокой температуры горения (около 1300°C) и интенсификации горения за счёт конвективного теплообмена. Именно этот способ позволяет эффективно перемешивать реагирующие газы, что приводит к более частому столкновению и более быстрому взаимодействию молекул. Следовательно, ускоряется процесс деструкции токсичных соединений.

Ранее, при исследовании процесса слоевого пульсирующего горения пропанобутановой смеси (один из линейных углеводородных соединений), средняя концентрация продуктов сгорания составила [5]: O₂ - 2,84%, CO - 335,14, NO - 67,57 ppm, NO_x - 67,57 ppm, NO₂ - 0,98 ppm, CO₂ - 10,38%, H₂ - 134,67 ppm. Это предполагает получить схожие результаты при сжигании биогаза, состав которого по [7] таков: метан (60-70%), углекислый газ (30-40%), небольшое количество сероводорода (0-3%), а также примеси водорода, аммиака и окислов азота.

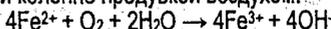
В пропанобутановой смеси отсутствовал сероводород. Сероводород, который присутствует в биогазе, создаёт проблему агрессивного воздействия на теплоэнергетические установки. Именно сероводород приводит к интенсивному разрушению конструкции энергетических установок.

Ряд авторов для предотвращения этого явления предлагают перед сжиганием биогаза пропускать его через ферроокисные фильтры. В этих фильтрах происходит преобразование сероводорода в элементарную серу [8]. При повышенном содержании H₂S аналогичную очистку производят при помощи растворов солей железа с его постоянной регенерацией.

В восстановительной колонне восходящий поток биогаза промывается раствором Fe³⁺ (суспензией Fe(OH)₃):



Элементарная сера отделяется из промывного раствора в отстойнике. Раствор регенерируется в окислительной колонне продувкой воздухом:



Ожидаемый объём биогаза из осадка свинокомплекса можно рассчитать следующим образом: при содержании одной свиньи образуется такое количество отходов, которое позволяет получить 0,3 м³ биогаза в сутки [7], или в пересчёте на 100 000 голов (СГЦ РУСП «Западный») это составит 30 000 м³/сут (10 950 000 м³/год). Теплота сгорания 1 м³ биогаза достигает 25 МДж, что эквивалентно сгоранию 0,6 л бензина, 0,85 л спирта, 1,7 кг дров или использованию 1,4 кВт ч электроэнергии. Ожидаемое количество теплоты при сжигании биогаза за сутки составит 750 000 МДж (273 750 000 МДж за год), что эквивалентно сгоранию 18 000 л бензина (6 570 000 л в год), 25 500 л спирта (9 307 500 л в год), 51 т дров (18 615 т в год) или использованию 42 МВт ч электроэнергии (15 330 МВт ч в год).

С учётом изложенного, авторами статьи разработана ресурсосберегающая технология обработки отходов животноводческих комплексов (см. рис. 1). В этой технологии интенсификацию процесса сжигания биогазовой смеси и дожигания воздушных выбросов

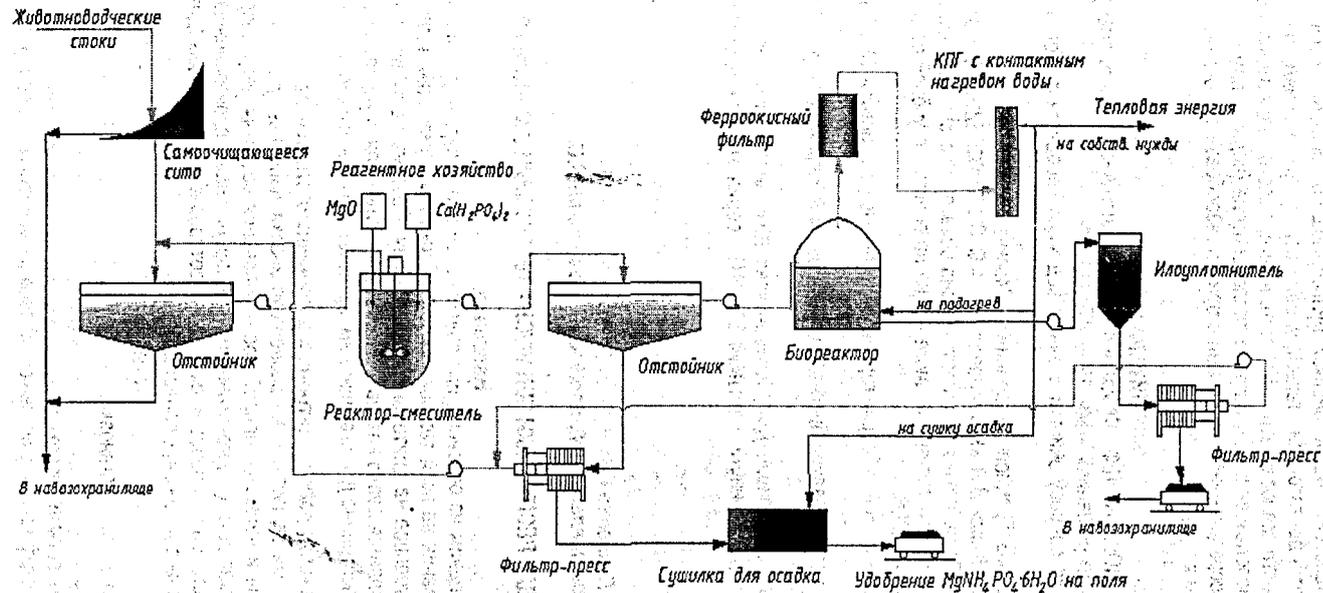


Рис. 1. Технологическая схема ресурсосберегающей технологии обработки отходов животноводческих комплексов.

предполагается осуществить на установках пульсирующего горения. Использование этих установок может в достаточной степени удовлетворить требованиям энергосбережения. Установка проста, малозатратна, и, в то же время, высоко эффективна. Она с успехом может быть использована для нагрева теплоносителя (воды) с помощью теплообменника либо непосредственно продуктами сгорания газообразного топлива (контактный нагрев с высоким к.п.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф., Фридлянд М.Е. «Экологические проблемы республики Беларусь и пути их решения». – Мн. 1999. 47с.
2. Урецкий Е.А. «К вопросу очистки сточных вод животноводческого комплекса» // Вестник БГТУ. – 2006.
3. Б.В. Раушенбах «Вибрационное горение». – Москва 1961.
4. Северянин В.С., Лысков В.Я. «Камерная топка», А.С. СССР №228216 – Б.и. 31, 1968.
5. Тимошук А.Л. «Разработка контактного водонагревателя со слоевым пульсирующим горением газообразного топлива». Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, 2006.
6. Хзмалян Д.М., Каган Я.А. «Теория горения и топочные устройства». М. «Энергия», 1976, 488 с.
7. «Перспективы использования биогазовых установок» // Журнал «Энергоэффективность», №7, 2007.
8. Калюжный С.В., Данилович Д.А., Ножевникова А.Н. Анаэробная биологическая очистка сточных вод. (Итоги науки и техники ВИНТИ, серия «Биотехнология»). – М., 1991, т. 29. – с. 156.

УДК 620.9

Пархотик Р.А., Пауленко С.Н.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Северянин В.С.

ВЕТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ – ТЕРРИТОРИИ С МАЛЫМИ ВЕТРАМИ

Введение

Ветер является одним из основных имеющихся в стране ресурсов для возможного реального использования на всей территории республики при замещении импортируемого органического топлива на длительную перспективу. Поэтому развитие ветроэнергетики в Беларуси является давно назревшей необходимостью для осуществления ускоренного замещения постоянно дорожающего импортируемого органического топлива.

Анализ работы ветровоспринимающих элементов

В настоящее время лопастные ветроэнергоустановки наиболее употребительны, теоретически развиты и являются опорой прогнозирования развития ветроэнергетики. Мощность, развиваемая ветроэнергоустановкой, пропорциональна произведению скорости ветра в третьей степени и площади, ометаемой ветроприёмным органом (для лопастных – круг диаметром длиной двух лопастей):

$$N = W^3 \cdot F \cdot K,$$

где N – мощность ветроэнергоустановки,

W – скорость ветра,

F – ометаемая лопастями поверхность,

K – численный коэффициент, учитывающий аэродинамические особенности

Поэтому для регионов с малой среднестатической скоростью ветра, как в РБ, для увеличения вырабатываемой мощности нужно увеличивать второй множитель. Лопасти имеют принципиальные ограничения удлинения лопастей: а) центробежная сила, б) флаттер – вибрация концов лопастей, в) конечные участки «опережают» ветер – торможение из-за обратных воздушных потоков и вентиляторного эффекта. Это приводит к резкому удорожанию конструкции эксплуатации, акустическому загрязнению окружающей среды, сложности ориентации ветроколеса на ветер и т.д.

Также стоит учитывать и эффект затенения. Чем больше лопастей имеет ветроэнергостановка, тем больше проявляется этот эффект. Он заключается в поглощении потоков ветра лопастями. С каждой дополнительной лопастью уменьшается «количество» ветра на одну лопасть. Следовательно, существует оптимальное количество лопастей, при котором будет наибольшая разность: «мощность получаемого потока минус объём затеняемой энергии ветра».

Чтобы избавиться от эффекта затенения, можно использовать многоуровневую ветроэнергостановку. Это позволит снизить затеняемую мощность и одновременно использовать поток ветра более эффективно за счет дополнительных лопастей, однако это сделает установку намного сложнее.

Для исследования и разработки мы выбрали «барабанную» схему ветроэнергостановки с поворачивающимися лопастями в вертикальной плоскости как наиболее простую и наименее исследованную конструкцию. Несмотря на невысокий коэффициент использования энергии ветра, эти установки целесообразны экономически (простота, дешевизна, малые затраты на монтаж и эксплуатацию). Кроме того, мы постарались обойтись без самого сложного элемента ветроэнергостановки – редуктора электрогенератора.

На рисунке 1 показан вид исследуемой установки сверху. Стрелками указано направление ветра, жирными линиями – лопасти (вид «с ребра»). А – внутреннее свободное пространство, Б – зона «затенения» последующей лопасти предыдущей, точками показаны упоры. Вращение – против часовой стрелки.

Рисунок 2 – вид сбоку, где h – высота лопасти, правая штриховка – работающая часть лопасти, левая – затененная.

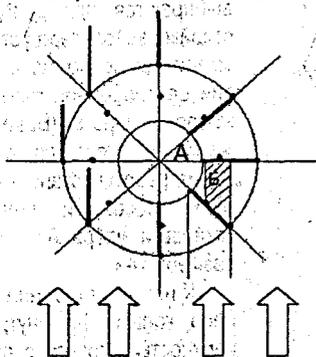


Рис. 1. Принципиальная схема «барабанной» установки (вид сверху)

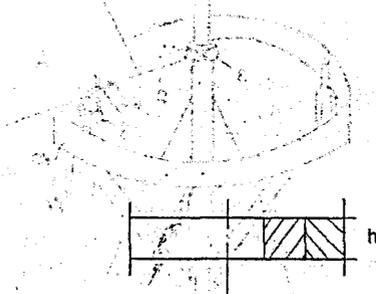


Рис. 2. Вид установки сбоку

Будем считать, что полезно «работает» проекция лопасти на направление ветра.

Анализируя конструкцию, можно увидеть, что при росте n (числа лопастей):

1. Неработающая зона потока ветра убывает, зона «тени» растёт,
2. «Пустая середина» А убывает.

Следовательно, существует оптимальное количество лопастей, и задача дальнейшего исследования – определить это количество. Условие, когда уменьшение работающей поверхности лопастей компенсируется уменьшением неработающих зон ветра, является оптимумом.

Точно вычислить итоговую энергию ветра, принимаемой ветроэнергостановкой очень сложно, так как следует учитывать множество различных факторов. Кроме того, надо отметить и потоки внутри комплекса лопастей, которые увеличивают возможности использования энергии ветра. Подобные исследования проводятся экспериментальным методом на действующей ветроэнергостановке.

Предлагаемая ветроэнергостановка

На рисунке 3 представлена схема ветроэнергостановки.

Обозначения: 1 – колонна, 2 – стержни, 3 – подшипники, 4 – вертикальная ось, 5 – лопасть, 6 – упор, 7 – шарнир, 8 – противовес, 9 – штырь, 10 – кольцо, 11 – электрогенератор.

Ветроэнергостановка состоит из колонны 1 (это может быть существующая вышка, труба и т.п.), в верхней части которой радиально смонтированы стержни 2 (в два яруса) на подшипниках 3. Концы стержней 2 соединены вертикальной осью 4, на которую надевается лопасть 5.

На рисунке 3 показан только комплект одной лопасти; их может быть несколько (4-6-8).

Лопасть 5 на подвесках может свободно вращаться вокруг вертикальной оси 4.

На каждом из нижних стержней 2 шарнирно установлен упор 6. Это – шток, касающийся при смещении вертикального положения лопасти 5, когда она поворачивается и устанавливается вдоль стержня 2. Снизу шарнира 7 (это, например, отрезок трубы, надетый на стержень 2) закреплен противовес 8. Его рычаг и масса выбираются при доводке и настройке ветроэнергостановки. От смещения по стержню при действии центробежной силы его удерживает штырь 9. (Возможно перемещение упора по стержню во время работы установки специальными тросовыми тягами). Место установки упора 6 – в пределах размера «А».

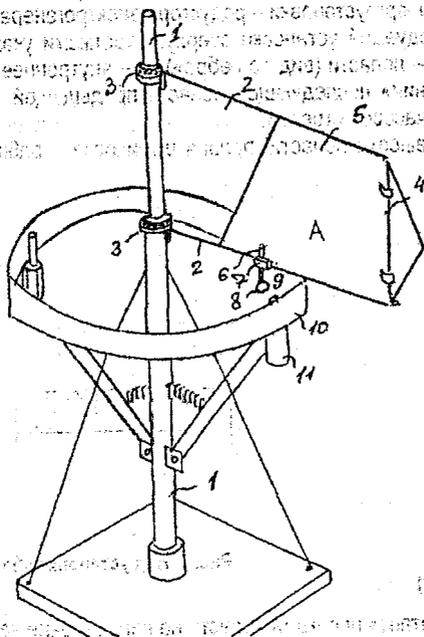


Рис. 3 Общий вид предлагаемой ветроэнергостановки

может быть несколько.

Действует ветроэнергоустановка следующим образом.

При любом направлении ветра вокруг колонны 1 стержни 2 на подшипниках 3 вращаются под действием лопастей 5 через вертикальные оси 4 благодаря тому, что с одной стороны колонны 1 половина лопастей 5 воспринимает давление ветра, с другой – нет. Это происходит потому, что в лопасть 5 касается упора 6 (без удара, что важно для надёжной работы). Если сила ветра выше заданной, чтобы скорость вращения стержней 2 вокруг колонны 1 не возрастала, лопасть 5 отклоняет упор 6, он наклоняется на шарнире 7, лопасть 5 поворачивается вокруг вертикальной оси 4, выходит из зацепления с упором 6 и переходит во флюгерное положение, то есть не воспринимает ветрового давления. Так регулируется постоянство вращения при меняющемся ветре. Соответствие вращения скорости ветра устанавливается величиной массы противовеса 8 и удалением его от шарнира 7, а также местом расположения штыря 9 на стержне 2. Чем сильнее ветер, тем раньше (ближе к «а») отклоняется упор 6. Кольцо 10 передаёт при помощи внутреннего зацепления вращение валу ротора электрогенератора 11. Выработанная электроэнергия отводится электропроводами по колонне.

Выводы

1. ВЭУ для территорий Республики Беларусь требуют других конструктивных решений, так как энергия ветра на этих территориях мала.
2. Проведен анализ действия лопастей установки барабанного типа с вертикальной осью вращения.
3. Предложена ВЭУ для использования в Республике Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.М. Фатеев, Ветро двигатели и их применение в сельском хозяйстве. – М: 1952.
2. Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии; Материалы VI международной научно-практической конференции. – Гр: 2006.

УДК 681.3:624.04

Рудлевский Д.В.

Научный руководитель: доц. Игнатюк В.И.

УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА БЕСШАРНИРНЫХ АРОК

Учебные компьютерные программы в строительной механике должны способствовать эффективному изучению методов расчета и работы сооружений, облегчая трудоемкие вычислительные процессы, уменьшая объем ручных вычислений и представляя при этом необходимые условия и возможности для закрепления принципов методов расчета, для более глубокого познания физической сути этих методов, физических основ работы сооружений, а также возможности для выполнения исследований работы и поведения сооружений при различных их параметрах и характеристиках [1].

В задачах расчета сооружений можно выделить две стороны, одна из которых представляет суть и физическую основу методов расчета и работы сооружений, а вторая связана с математической реализацией методов расчета и большими (в той или иной степени) объемами вычислений.

При создании учебных компьютерных программ самым сложным является нахождение наиболее оптимального соотношения двух сторон в методе расчета, которое позволяло бы, с одной стороны, максимально облегчить математические вычисления и уменьшить их объем, а с другой стороны, максимально сохранить его сущностно-физическую сторону. Решение этой проблемы требует глубокого анализа метода расчета, в результате которого метод разделяется на две части. Одна из этих частей, менее трудоемкая с вычислительной точки зрения, но несущая в себе большой физический смысл, раскрывающая сущность метода и способствующая его глубокому познанию, должна выполняться вручную. Другая же, менее информативная, но более трудоемкая, содержащая большие объемы трудоемких вычислений, передается программе и ПЭВМ.

С другой стороны, современная компьютерная техника и системы программирования сегодня представляют большие возможности для создания эффективных учебных программ, включая возможности создания диалогового режима ввода исходной информации, обработки и анализа промежуточных и окончательных результатов решения задачи; широкие возможности графического представления данных и результатов расчета на всех этапах решения задачи; возможности создания удобного интерфейса работы с программой и разветвленной помощи.

Для создания программы «ArkBes» использована современная система визуального программирования Delphi 7, позволяющая в полной мере использовать возможности и ресурсы современных ПЭВМ, создавать качественные и надежные Windows-приложения.

На основе таких подходов и составлена учебная компьютерная программа «ArkBes». Расчет бесшарнирных арок на статические нагрузки [2] заключается в определении внутренних сил в сечениях арок и их перемещений. Эти расчеты представляют собой однородные повторяющиеся для каждого из сечений вычисления, являющиеся достаточно трудоемкими. Поэтому естественной является передача этих вычисления компьютеру.

В программе «ArkBes», которая является учебной программой, выполнено следующее разделение процедуры расчета на две части.

Вручную предлагается вычислить для двух сечений x_{k1} , x_{k2} следующие величины:

- 1) геометрические характеристики $-y_{pi}$, $\sin \varphi_{pi}$, $\cos \varphi_{pi}$;
- 2) ординаты единичных эпюр M_{ik} , Q_{ik} , N_{ik} ;
- 3) ординаты грузовых эпюр M_{pk}^0 , Q_{pk}^0 , N_{pk}^0 и M_{pk} , Q_{pk} , N_{pk} ;

после ввода полученных значений и их проверки программа вычисляет величины u , $\sin \varphi$, $\cos \varphi$, M_p , Q_p , N_p , во всех расчетных сечениях, определяет коэффициенты и свободные члены канонических уравнений и неизвестные метода сил X_1 , X_2 , X_3 , после чего вручную необходимо еще вычислить:

- 4) ординаты окончательных эпюр M , Q , N в заданных сечениях x_{k1} , x_{k2} .

После ввода и проверки этих значений программа выполняет полный расчет арки с представлением всех расчетных величин (усилий и перемещений во всех расчетных сечениях арки) и эпюр усилий. При этом появляется также возможность получить значения усилий в любом интересующем нас сечении арки.

Заметим, что после завершения расчета арки на заданную нагрузку, можно выполнить расчет арки при изменении ряда параметров без контроля, то есть можно выполнить исследование влияния этих параметров на напряженно-деформированное состояние рассматриваемой арки. К указанным параметрам относятся:

- зависимость изменения оси арки (круговая, параболическая, синусоидальная, катеноидальная, эллиптическая, гиперболическая);
- относительный подъем арок (f/l), характеризующий пологость (крутизну) арок;
- учет-неучет различных видов деформаций в арке (изгибной, продольной, поперечной);
- число участков разбиения пролета арки.

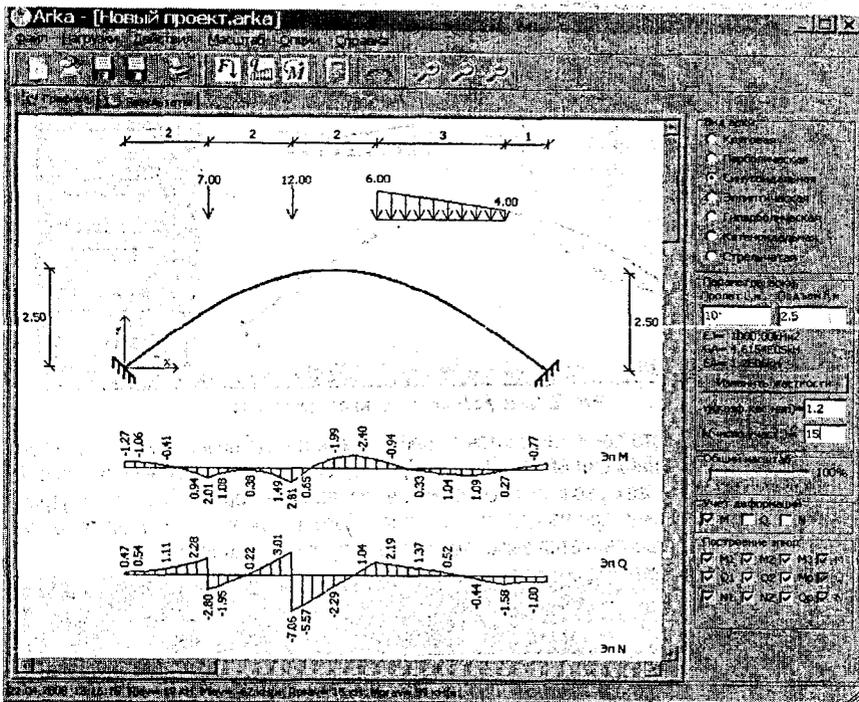


Рис. 1. Основное окно программы «ArkBes»

Ввод исходных данных осуществляется в основном окне программы (рис. 1), в котором задаются:

- пролет арки l (на панели окна обозначен буквой L);
- стрела подъема арки f (f);
- изгибная жесткость сечения арки EJ (EI);
- закон изменения оси арки (круговой, параболический, синусоидальный, катеноидальный, эллиптический, гиперболический, стрельчатый);
- внешние нагрузки: сосредоточенные силы (кнопка F), сосредоточенные моменты (кнопка M) и распределенные нагрузки (кнопка q); для ввода нагрузок необходимо нажать одну из кнопок F , M , q на панели инструментов, или выбрать пункт «Нагрузки» в меню программы, после чего откроется окно ввода нагрузок;
- учитываемые в расчете деформации (изгибные, поперечные, продольные в арке и продольные в затяжке);
- число участков, на которое разбивается пролет арки;

После ввода исходных данных программа может быть запущена на расчет арки, что может быть сделано несколькими способами: нажатием кнопки с изображением калькулятора, выбором пунктов меню «Действия», «Расчет», или нажатием клавиши $F5$. Программа начинает расчет и выводит на экран окно ввода контрольных величин, в которое необходимо ввести вычисленные вручную величины, указанные в пунктах 1–4.

Если какая-то из величин вычислена неверно, то выдается сообщение об ошибке, и необходимо выполнить перерасчет указанной величины (величин). Если контрольные величины верны, то программа выполняет полный расчет арки.

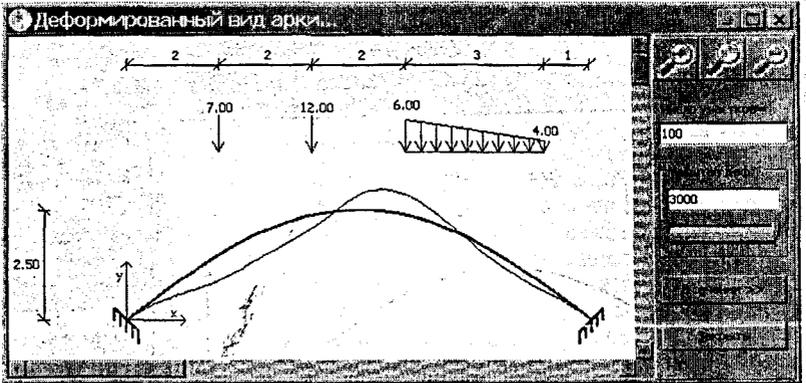


Рис. 2. Окно деформированного вида арки

Результаты расчета представляются в графическом и в табличном видах – показаются эпюры внутренних сил M , Q и N в арке (рис. 1), ее деформированный вид (рис. 2) и таблица усилий во всех расчетных сечениях, включая характерные (рис. 3). Внутренние силы и перемещения при необходимости могут быть вычислены для любого заданного сечения, что осуществляется вызовом соответствующих процедур.

Арка - [Новый проект арка]

Позиции упругого центра, значения неизвестных и перемещений

				УС=	0.9679				
X1=	20.5080	Delta11=	0.0067	Delta1p=	-0.1384				
X2=	-2.2902	Delta22=	0.1013	Delta2p=	0.2321				
X3=	17.8560	Delta33=	0.0114	Delta3p=	-0.2035				
				Проверка коэфт. эпюры M					
MM1 =	0.0003	MM2 =	-0.0002	MM3 =	0.0000				

Граничные значения характеристик и значений эпюры

Сечение	Y	X	Z	M	Q	N	M ₀	Q ₀	N ₀
0.0000	-1.2703	0.6156	0.7881	-1.0616	0.5443	-26.4480	1.2708	-0.6156	-0.7881
0.0000	-0.7595	0.5984	0.8012	-0.4061	1.1143	-26.4300	0.7595	-0.5984	-0.8012
0.0000	-0.2621	0.5524	0.8269	0.9419	2.2623	-26.3550	0.2621	-0.5624	-0.8269
0.0000	-0.0626	0.5363	0.8440	2.0109	3.1049	-26.2710	0.0626	-0.5363	-0.8440
0.0000	-0.0626	0.5363	0.8440	2.0109	-2.8033	-22.5170	0.0626	-0.5363	-0.8440
0.0000	0.1407	0.5041	0.8637	1.0768	-1.9521	-22.6070	-0.1407	-0.5041	-0.8637
0.0000	0.4905	0.4191	0.9079	0.3779	0.2198	-22.6900	-0.4905	-0.4191	-0.9079
0.0000	0.7518	0.3043	0.9526	1.4918	3.0086	-22.4910	-0.7518	-0.3043	-0.9526
0.0000	0.8456	0.2359	0.9718	2.8051	-0.2601	-21.0410	-0.8456	-0.2359	-0.9718
0.0000	0.0456	0.2359	0.9718	2.8051	-7.0626	-19.3900	-0.0456	-0.2359	-0.9718
0.0000	0.9133	-0.1612	0.9869	0.6527	-5.5654	-19.8710	-0.9133	-0.1612	-0.9869
0.0000	0.9679	0.0000	1.0000	-1.9945	-2.2902	-20.5080	-0.9679	0.0000	-1.0000
0.0000	0.9133	-0.1612	0.9869	-2.4009	1.0448	-20.6090	-0.9133	0.1612	-0.9869

Рис. 3. Таблица результатов расчета

Программа «ArkBes» имеет объем 1,9 Мбт, составлена в среде программирования Delphi 7, работает под управлением Windows 98 и выше, не требует специальной установки, может работать в сети, имеет удобный интерфейс для работы в ней, развитый и подробный «Help», графическое представление и исходных данных, и результатов расчета. Имеются возможности ряда настроек вида программы и изображений в ней, включая масштабирование графических объектов, изображение (удаление) вертикальной сетки.

Изложенные подходы в создании учебной программы «ArkBes», с нашей точки зрения, создают условия и базу для более глубокого изучения методов расчета и понимания физических основ работы сооружений, способствуют интенсификации и активизации учебного процесса, индивидуализации познавательной деятельности, развитию творческого и инженерного мышления будущих специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игнатюк В.И. Создание учебных компьютерных программ для курса строительной механики // Вышэйшая школа. – 2001. – № 6. – С. 35–38.
2. Рудлевский Д.В., Игнатюк В.И. К расчету бесшарнирных арок на вертикальные нагрузки // Сборник конкурсных работ студентов и магистрантов – 2008 / УО БрГТУ. – Брест, 2008.

УДК 624.04

Рудлевский Д.В.

Научный руководитель: доц. Игнатюк В.И.

К РАСЧЕТУ БЕСШАРНИРНЫХ АРОК НА ВЕРТИКАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ

Рассматриваются плоские симметричные арочные системы бесшарнирного типа, а также длинные своды и протяженные арочно-оболочечные покрытия, расчет которых при неизменной по их длине нагрузке может быть приведен к расчету плоских бесшарнирных арок.

Расчет бесшарнирных арок (рис. 1) на неподвижные нагрузки заключается [1] в определении внутренних сил (изгибающих моментов M , поперечных Q и продольных N сил) в сечениях, построении их эпюр, а также в определении перемещений сечений и соответственно деформированного вида арок.

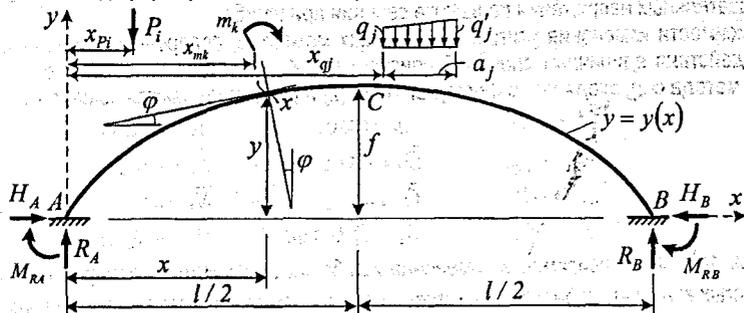


Рис. 1. Расчетная схема бесшарнирной арки

Бесшарнирные арки являются статически неопределимыми системами, имеют три «лишние» связи и их расчет обычно выполняется методом сил. Основную систему метода сил с учетом симметричности системы выберем путем разрезания арок посередине с

перенесением неизвестных в упругий центр (рис. 2,а). Неизвестные метода сил определяются из уравнений

$$\begin{cases} \delta_{11} X_1 + \Delta_{1p} = 0; \\ \delta_{22} X_2 + \Delta_{2p} = 0; \\ \delta_{33} X_3 + \Delta_{3p} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

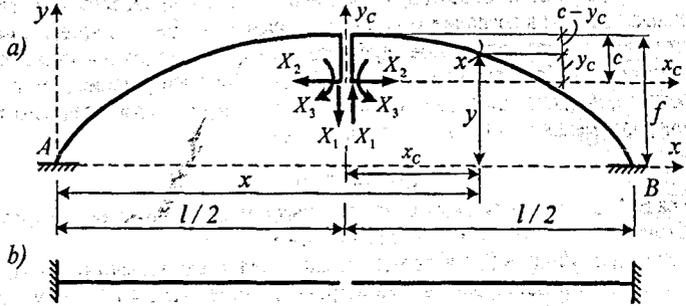


Рис. 2. Основная система метода сил

Коэффициенты δ_i и Δ_{ip} в (1) представляют собой перемещения в направлении отброшенных связей (взаимное расхождение по вертикали, по горизонтали и взаимный угол поворота точек (сечений) в месте разрезания) от действия соответственно единичных значений неизвестных X_i и внешних нагрузок, и определяются по формулам [1]:

$$\delta_{11} = \int_0^s \frac{\bar{M}_1^2 ds}{EJ} + \int_0^s \eta \frac{\bar{Q}_1^2 ds}{GA} + \int_0^s \frac{\bar{N}_1^2 ds}{EA}; \quad (2)$$

$$\Delta_{ip} = \int_0^s \frac{\bar{M}_i M_p ds}{EJ} + \int_0^s \eta \frac{\bar{Q}_i Q_p ds}{GA} + \int_0^s \frac{\bar{N}_i N_p ds}{EA}, \quad (3)$$

где EJ , GA , EA – жесткости (их изменение) стержня арки соответственно при изгибе, сдвиге и продольном растяжении-сжатии; $ds = dx/\cos \varphi$, dx – бесконечно малые участки дуги и пролета арки; η – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения касательных напряжений по высоте сечения при изгибе.

Зависимости изменения усилий (изгибающих моментов, поперечных и продольных сил) от действия единичных значений неизвестных X_i и внешних нагрузок в основной системе метода сил, входящие в формулы Мора (2) и (3), определяются выражениями:

$$\begin{aligned} \bar{M}_1 &= x_c; & \bar{Q}_1 &= \cos \varphi; & \bar{N}_1 &= -\sin \varphi; \\ \bar{M}_2 &= -y_c; & \bar{Q}_2 &= -\sin \varphi; & \bar{N}_2 &= -\cos \varphi; \\ \bar{M}_3 &= -1; & \bar{Q}_3 &= 0; & \bar{N}_3 &= 0; \\ M_p &= M_p^0; & Q_p &= Q_p^0 \cos \varphi; & N_p &= -Q_p^0 \sin \varphi. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь M_p^0 , Q_p^0 – зависимости изменения изгибающих моментов и поперечных сил в двух простых консольных балках, защемленных по краям, длины которых равны вылетам консолей полуарок в основной системе метода сил (рис. 2,б); φ – угол наклона касательной к оси арки по отношению к оси x (нормали к оси арки по отношению к оси y) (рис. 1).

Положение упругого центра арки найдем из условия равенства нулю перемещений $\delta_{23} = \delta_{32}$:

$$c = \frac{\int_0^l \frac{y_c dx}{EJ \cos \varphi}}{\int_0^l \frac{dx}{EJ \cos \varphi}} = \frac{\int_0^l \frac{(y-f) dx}{EJ \cos \varphi}}{\int_0^l \frac{dx}{EJ \cos \varphi}} \quad (5)$$

С учетом зависимостей для усилий (4) и перейдя к интегрированию по x ($ds = dx / \cos \varphi$), выражения (2) и (3) получим в виде:

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \int_0^l \frac{x_c^2 dx}{EJ \cos \varphi} + \int_0^l \eta \frac{\cos \varphi dx}{GA} + \int_0^l \frac{\sin^2 \varphi dx}{EA \cos \varphi}; \\ \Delta_{1P} &= \sum_0^l \int_0^l \frac{x_c M_p^0 dx}{EJ \cos \varphi} + \sum_0^l \int_0^l \eta \frac{Q_p^0 dx}{GA \cos \varphi} + \sum_0^l \int_0^l \frac{Q_p^0 \sin^2 \varphi dx}{EA \cos \varphi}; \\ \delta_{22} &= \int_0^l \frac{y_c^2 dx}{EJ \cos \varphi} + \int_0^l \eta \frac{\sin^2 \varphi dx}{GA \cos \varphi} + \int_0^l \frac{\cos \varphi dx}{EA}; \\ \Delta_{2P} &= - \int_0^l \frac{y_c M_p^0 dx}{EJ \cos \varphi} - \int_0^l \eta \frac{Q_p^0 \sin \varphi dx}{GA} + \int_0^l \frac{Q_p^0 \sin \varphi dx}{EA}; \\ \delta_{33} &= \int_0^l \frac{dx}{EJ \cos \varphi}; \quad \Delta_{3P} = - \int_0^l \frac{M_p^0 dx}{EJ \cos \varphi}. \end{aligned} \quad (6)$$

Неизвестные метода сил вычисляются из решения уравнения (1). Окончательные значения усилий в арке определяются по формулам:

$$\begin{aligned} M &= \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + \bar{M}_3 X_3 + M_p = x_c X_1 - y_c X_2 - X_3 + M_p^0; \\ Q &= \bar{Q}_1 X_1 + \bar{Q}_2 X_2 + \bar{Q}_3 X_3 + Q_p = \cos \varphi X_1 - \sin \varphi X_2 + Q_p^0 \cos \varphi; \\ N &= \bar{N}_1 X_1 + \bar{N}_2 X_2 + \bar{N}_3 X_3 + N_p = -\sin \varphi X_1 - \cos \varphi X_2 - Q_p^0 \sin \varphi. \end{aligned}$$

Вычисление интегралов в (5) и (6) в большинстве случаев является непростоим делом, и поэтому непосредственное интегрирование их чаще всего заменяют численным суммированием при разбивке пролета арки на конечное число участков (n). При этом разбивать пролет удобнее на равные части, что позволяет вынести их длины $\Delta x = l/n$ за знаки сумм. В этом случае выражение для определения положения упругого центра арки получим в виде

$$c = \frac{\sum_1^n \frac{y-f}{EJ \cos \varphi}}{\sum_1^n \frac{1}{EJ \cos \varphi}}, \text{ а выражения (5) принимают следующий вид:}$$

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \left(\sum_1^n \frac{x_c^2}{EJ \cos \varphi} + \sum_1^n \eta \frac{\cos \varphi}{GA} + \sum_1^n \frac{\sin^2 \varphi}{EA \cos \varphi} \right) \Delta x; \\ \Delta_{1P} &= \left(\sum_1^n \frac{x_c M_p^0}{EJ \cos \varphi} + \sum_1^n \eta \frac{Q_p^0}{GA \cos \varphi} + \sum_1^n \frac{Q_p^0 \sin^2 \varphi}{EA \cos \varphi} \right) \Delta x; \\ \delta_{22} &= \left(\sum_1^n \frac{y_c^2}{EJ \cos \varphi} + \sum_1^n \eta \frac{\sin^2 \varphi}{GA \cos \varphi} + \sum_1^n \frac{\cos \varphi}{EA} \right) \Delta x; \\ \Delta_{2P} &= \left(- \sum_1^n \frac{y_c M_p^0}{EJ \cos \varphi} - \sum_1^n \eta \frac{Q_p^0 \sin \varphi}{GA} + \sum_1^n \frac{Q_p^0 \sin \varphi}{EA} \right) \Delta x; \\ \delta_{33} &= \left(\sum_1^n \frac{1}{EJ \cos \varphi} \right) \Delta x; \quad \Delta_{3P} = - \left(\sum_1^n \frac{M_p^0}{EJ \cos \varphi} \right) \Delta x. \end{aligned} \quad (7)$$

Для арок постоянного сечения их жесткости будут константами и их также можно вынести за суммы. Если ввести при этом обозначения:

$$k_G = \frac{GA}{EJ}; \quad k_N = \frac{EA}{EJ}, \quad (8)$$

то выражения (7) можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \frac{\Delta X}{EJ} \left(\sum_1^n \frac{x_c^2}{\cos \varphi} + \sum_1^n \eta \frac{\cos \varphi}{k_G} + \sum_1^n \frac{\sin^2 \varphi}{k_N \cos \varphi} \right); \\ \Delta_{1P} &= \frac{\Delta X}{EJ} \left(\sum_1^n \frac{x_c M_P^0}{\cos \varphi} + \sum_1^n \eta \frac{Q_P^0}{k_G \cos \varphi} + \sum_1^n \frac{Q_P^0 \sin^2 \varphi}{k_N \cos \varphi} \right); \\ \delta_{22} &= \frac{\Delta X}{EJ} \left(\sum_1^n \frac{y_c^2}{\cos \varphi} + \sum_1^n \eta \frac{\sin^2 \varphi}{k_G \cos \varphi} + \sum_1^n \frac{\cos \varphi}{k_N} \right); \\ \Delta_{2P} &= \frac{\Delta X}{EJ} \left(- \sum_1^n \frac{y_c M_P^0}{\cos \varphi} - \sum_1^n \eta \frac{Q_P^0 \sin \varphi}{k_G} + \sum_1^n \frac{Q_P^0 \sin \varphi}{k_N} \right); \\ \delta_{33} &= - \frac{\Delta X}{EJ} \left(\sum_1^n \frac{1}{\cos \varphi} \right); \quad \Delta_{3P} = - \frac{\Delta X}{EJ} \left(\sum_1^n \frac{M_P^0}{\cos \varphi} \right). \end{aligned} \quad (9)$$

Заметим, что первые слагаемые в этих выражениях учитывают изгибающие моменты, вторые слагаемые – поперечные силы, а третьи – продольные силы в арке.

При использовании численного интегрирования ось арки заменяется ломаной линией, а все величины, входящие в формулы (7) и (9), должны вычисляться в средних точках участков разбивки. Точность расчета будет, естественно, тем выше, чем на большее число участков будет разбит пролет арки. Вычисление величин δ_{ij} и Δ_{iP} , таким образом, довольно трудоемкое дело.

Для определения перемещений точек (сечений) и соответственно деформированного вида арки воспользуемся формулой Мора. Вычисление интегралов Мора также будем выполнять путем численного суммирования по конечному числу участков, на которые разбивается пролет арки, с применением формулы трапеций

$$\Delta_{iP} = \sum \int \frac{\bar{M}_i M_P ds}{EJ_j} = \sum_{j=1}^{n_j} \frac{\Delta x_j}{EJ_j \cos \varphi_j} \left(2\bar{M}_i^{лев} \cdot M_{P_j}^{лев} + \bar{M}_i^{лев} \cdot \bar{M}_j^{np} + \bar{M}_j^{np} \cdot M_{P_j}^{лев} + 2\bar{M}_i^{np} \cdot M_{P_j}^{np} \right), \quad (10)$$

где: Δ_{iP} – перемещение точки в i -ом направлении; n_j – число участков, на которые разбивается пролет арки; EJ_j – жесткость j -го участка арки; \bar{M}_i , $\bar{M}_j^{лев}$, \bar{M}_j^{np} – зависимость изменения изгибающих моментов от действия единичной силы, приложенной в направлении искомого перемещения, и ее левая и правая ординаты на j -ом участке; $M_{P_j}^{лев}$, $M_{P_j}^{лев}$, $M_{P_j}^{np}$ – зависимость изменения изгибающих моментов от действия внешней нагрузки и ее ординаты (левая и правая) на j -ом участке; $\cos \varphi_j$ – косинус угла наклона касательной к оси арки на том же участке по отношению к оси x .

Для построения схемы деформирования арки необходимо вычислить с использованием формулы (10) вертикальные и горизонтальные перемещения для сечений (точек) арки с заданным шагом. В качестве таких точек примем центры сечений арок, которые ранее использовались для расчета усилий. Чем больше будет этих точек, тем точнее сможем представить форму деформирования арки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. – М.: Высш. шк., 1986. – 607 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТЕРЖНЕЙ В СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ СИСТЕМЕ

Как известно, статически неопределимые системы – это такие системы, внутренние усилия в которых нельзя определить при помощи одних лишь уравнений равновесия. При их расчёте, кроме уравнений равновесия, необходимо составлять дополнительные уравнения – уравнения деформации, число которых соответствует степени статической неопределимости [1].

Целью данной работы является сравнительное исследование возможности достижения условия равнопрочности составных частей стержневой системы путём перераспределения напряжений одним из следующих способов: изменением соотношения площадей поперечного сечения стержней, изменением соотношения их модулей упругости, либо путём создания предварительного натяга.

Рассмотрим статически неопределимую систему, состоящую из трёх соединённых в шарнире стержней, нагруженных силой F (см. рис.1а). Используя уравнения равновесия и одно дополнительное уравнение деформации, получим следующие выражения для определения внутренних усилий в стержнях рассматриваемой системы:

$$N_{1нагр} = \frac{F \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{E_1}{E_2} \cdot \cos^2(\alpha)}{\left(2 \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{E_1}{E_2} \cdot \cos^3(\alpha) + 1\right)}; \quad N_{2нагр} = \frac{F}{\left(2 \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{E_1}{E_2} \cdot \cos^3(\alpha) + 1\right)}; \quad (1)$$

Используя соотношения $\frac{A_1}{A_2} = n$, $\frac{E_1}{E_2} = e$, получим выражения (1) в следующем виде:

$$N_{1нагр} = \frac{F \cdot n \cdot e \cdot \cos^2(\alpha)}{\left(2 \cdot n \cdot e \cdot \cos^3(\alpha) + 1\right)}; \quad N_{2нагр} = \frac{F}{\left(2 \cdot n \cdot e \cdot \cos^3(\alpha) + 1\right)}; \quad (2)$$

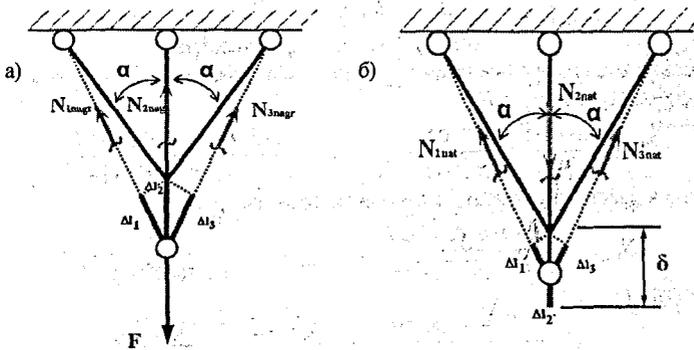


Рис.1. Расчётная схема: а) при действии нагрузки F ; б) при создании предварительного натяга

Как видно из (2), величина усилий $N_{1нагр}$, $N_{2нагр}$, $N_{3нагр}$ зависит от параметров F , n , e и α . Предположим, что F – величина постоянная, а все стержни системы выполнены из одного материала, т.е. $e = 1$. Задаваясь различными соотношениями для n , получаем различные значения усилий $N_{1нагр}$, $N_{2нагр}$, $N_{3нагр}$. Ввиду симметрии рассматриваемой схемы, внутренние силовые факторы, возникающие в первом и третьем стержнях, оказы-

ваются одинаковыми, поэтому в дальнейшем будем рассматривать работу только первого и второго стержня.

Задаваясь различными значениями угла α , нетрудно убедиться в том, что при $n = 1$, усилия, возникающие во втором стержне, всегда оказываются большими, чем в первом; при увеличении же площади поперечного сечения первого стержня, усилия в нём возрастают, в то время как во втором — убывают. Следовательно, для любого угла α можно подобрать такое соотношение площадей n , при котором усилия во всех стержнях окажутся равными. Однако возникающие при этом в стержнях напряжения оказываются различными по величине:

$$\sigma_{1nagr} = \frac{F \cdot e \cdot \cos^2(\alpha)}{(2 \cdot n \cdot e \cdot \cos^3(\alpha) + 1)} \cdot \frac{1}{n \cdot A_2}; \quad \sigma_{2nagr} = \frac{F}{(2 \cdot n \cdot e \cdot \cos^3(\alpha) + 1)} \cdot \frac{1}{A_2}; \quad (3)$$

Как известно, одним из наиболее важных моментов при расчёте конструкций на прочность является выполнение условия равнопрочности [2]. Анализ выражений (3) показывает, что достичь равенства напряжений в случае выполнения всех стержней из одного материала (т.е. при $e = 1$) не представляется возможным, что можно подтвердить, построив графики зависимости напряжений в стержнях для различных значений n и α , причем при любых сочетаниях значений n и α второй стержень всегда оказывается более напряжённым. Достижть такого равенства можно, приравнявая $\sigma_{1nagr} = \sigma_{2nagr}$, путём подбора коэффициента e , что вытекает из следующих выражений:

$$\frac{F \cdot n \cdot e \cdot \cos^2(\alpha)}{(2 \cdot n \cdot e \cdot \cos^3(\alpha) + 1)} \cdot \frac{1}{n \cdot A_2} = \frac{F}{(2 \cdot n \cdot e \cdot \cos^3(\alpha) + 1)} \cdot \frac{1}{A_2};$$

После упрощения:
$$e = \frac{1}{\cos^2(\alpha)}; \quad (4)$$

Однако достижение условия равнопрочности путём подбора соответствующего соотношения модулей упругости является весьма трудоёмкой процедурой. Гораздо целесообразнее, с практической точки зрения, воспользоваться предварительным натягом (напряжением).

С этой целью, установим предварительный натяг величиной δ путем увеличения расчётной длины второго, наиболее напряженного, стержня (см. рис.16):

$$\delta = \Delta l_2 + \frac{\Delta l_1}{\cos(\alpha)} = \frac{N_2 \cdot l_2}{A_2 \cdot E_2} + \frac{N_1 \cdot l_2}{A_1 \cdot E_1 \cdot \cos^2(\alpha)}; \quad (5)$$

Воспользовавшись уравнениями равновесия и выражением (5), выразим возникающие в стержнях усилия N_{1nat} и N_{2nat} :

$$N_{1nat} = \frac{\delta \cdot A_2 \cdot E_2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^2(\alpha)}{l_2(2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha) + 1)}; \quad N_{2nat} = \frac{2 \cdot \delta \cdot A_2 \cdot E_2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha)}{l_2(2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha) + 1)}; \quad (6)$$

Добавляя действие нагрузки F к данной системе, получаем:

$$N_{1nagr} = \frac{F \cdot e \cdot n \cdot \cos^2(\alpha)}{(2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha) + 1)}; \quad N_{2nagr} = \frac{F}{(2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha) + 1)}; \quad (7)$$

Суммируя (7) и (2):

$$N_1 = \frac{F \cdot e \cdot n \cdot \cos^2(\alpha)}{(2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha) + 1)} + \frac{\delta \cdot A_2 \cdot E_2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^2(\alpha)}{l_2(2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha) + 1)}; \quad (8)$$

$$N_2 = \frac{F}{(2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha) + 1)} + \frac{2 \cdot \delta \cdot A_2 \cdot E_2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha)}{l_2(2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha) + 1)};$$

$$\sigma_1 = \frac{e \cdot n \cdot \cos^2(\alpha)}{(2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^3(\alpha) + 1)} \left(\frac{F}{A_1} + \frac{\delta \cdot E_2}{n \cdot l_2} \right)$$

$$\sigma_2 = \frac{e \cdot n \cdot \cos^2(\alpha)}{(2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^2(\alpha) + 1)} \left(\frac{F}{A_2 \cdot e \cdot n \cdot \cos^2(\alpha)} - \frac{2 \cdot \delta \cdot E_2 \cdot \cos(\alpha)}{I_2} \right) \quad (9)$$

Приравняв полученные значения напряжений (9), получим условие равнопрочности стержней, откуда выразим величину δ :

$$\delta = \frac{I_2}{E_2 \cdot (1 + 2 \cdot n \cdot \cos(\alpha))} \cdot \frac{F}{A_2 \cdot n} \left(\frac{1}{e \cdot \cos^2(\alpha)} - 1 \right) = \frac{F \cdot I_2 \cdot (1 - e \cdot \cos^2(\alpha))}{n \cdot e \cdot \cos^2(\alpha) \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot (1 + 2 \cdot n \cdot \cos(\alpha))}; \quad (10)$$

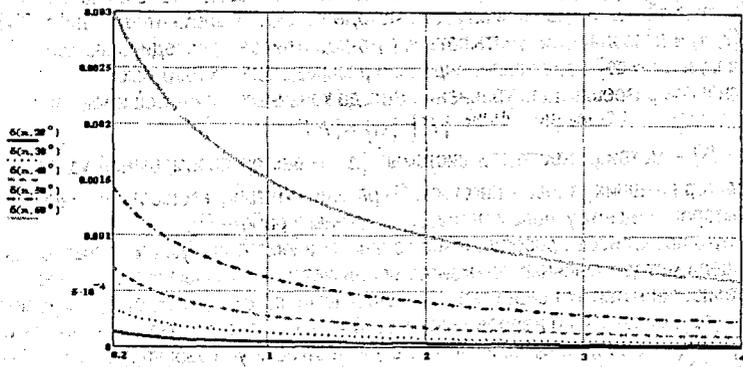


Рис. 2. Зависимость величины предварительного натяга δ от соотношения площадей поперечного сечения стержней n при различных значениях угла

Анализируя графики, представленные на рис.2, можно отметить, что при увеличении значения n величина δ уменьшается, т.е. чем большим значением площади первого стержня по отношению ко второму мы задаемся, тем на меньшую величину δ нужно увеличивать второй стержень для достижения условия равнопрочности. Кроме того, при любом фиксированном значении δ равнопрочности можно достичь, задаваясь различными комбинациями α и n .

Таким образом, проведенное исследование показало, что достичь условия «равнопрочности» составных частей статически неопределимой системы за счёт перераспределения напряжений посредством изменения только соотношения площадей поперечного сечения стержней, составляющих систему, не представляется возможным. Однако необходимого равенства напряжений в стержнях можно добиться путем изменения соотношения модулей упругости стержней, при этом с практической точки зрения наиболее эффективным способом достижения необходимого соотношения является использование эффекта предварительного натяга.

Помимо этого, анализ зависимости напряжений, вызываемых натягом, от угла α показывает, что известное положение о вредности наличия начальных напряжений, приводящее к неравномерности работы стержней [3], нуждается в уточнении. Во-первых, степень подобной «вредности» не является величиной постоянной и зависит от величины угла α , и, во-вторых, изменение степени «вредности» в зависимости от угла α не является линейным, причем кривая этой зависимости наиболее точно описывается выражением (10).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. – М.: Высш. школа, 1975. С.49.
2. Надёжность строительных конструкций и оснований. СТ СЭВ 4868-84.
<http://www.remontnik.ru/docs/2344/>
3. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. С.80-81.

УДК 681.3:519.3

Игнатов А.Ю.

Научный руководитель: доц. Игнатюк В.И.

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭВМ

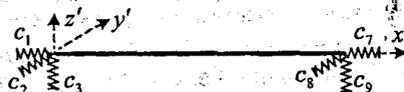
Рассматривается созданная авторами компьютерная программа статического линейного расчета пространственных стержневых систем на действие внешних нагрузок, в основу которой положены зависимости метода конечных элементов, полученные авторами [2, 4] и позволяющие учитывать упруго-податливое присоединение конечных элементов к узлам и действие трапецеидально распределенных нагрузок.

Основное разрешающее уравнение метода конечных элементов имеет вид

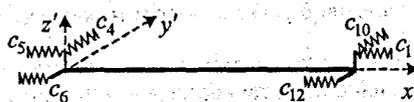
$$[K] \cdot \{\Delta\} = \{F\}, \quad (1)$$

где $[K]$ – матрица жесткости системы; $\{\Delta\}$ – вектор перемещений узлов системы; $\{F\}$ – вектор внешних узловых нагрузок. Выражения матриц жесткости конечных элементов, векторов внешних узловых нагрузок получены в работе [2].

Упруго-податливое присоединение конечных элементов к узлам расчетной дискретной модели метода конечных элементов реализуется с помощью упругих связей (рис. 1), характеристики которых представлены величинами: C_1, C_2, C_3 и C_7, C_8, C_9 – жесткости линейных упругих связей по направлениям осей x', y' и z' соответственно в начале и в конце стержня (рис. 2,а); C_4, C_5, C_6 и C_{10}, C_{11}, C_{12} – жесткости угловых упругих связей относительно осей x', y' и z' соответственно в начале и в конце элемента.



а) линейные упругие связи



б) угловые упругие связи

Рис. 1. Упругие связи пространственного стержневого КЭ

Зависимости для определения перемещений сечений пространственных стержневых конечных элементов, упруго-податливо присоединяющихся к узлам расчетной дискретной модели сооружения, получены в работе [4]. Эти зависимости позволяют определить координаты любого сечения после деформирования системы и соответственно деформированный вид сооружения.

Разработан алгоритм расчета, в соответствии с которым создана компьютерная программа «FINEЛ», программа линейного статического расчета пространственных стержневых систем на действие силовых нагрузок. Программа ориентирована на решение одного класса задач, поэтому достаточно проста в работе, работает под управлением операционных систем Windows, имеет стандартный многооконный графический интерфейс (рис. 1).

Основные функции программы собраны в главном меню (рис. 2) и включают работу с файлами, ввод и редактирование узлов и стержней, решение задачи и представление промежуточных и окончательных результатов расчета, графических изображений, их настройки, работу с окнами, настройки программы, справочную систему программы.

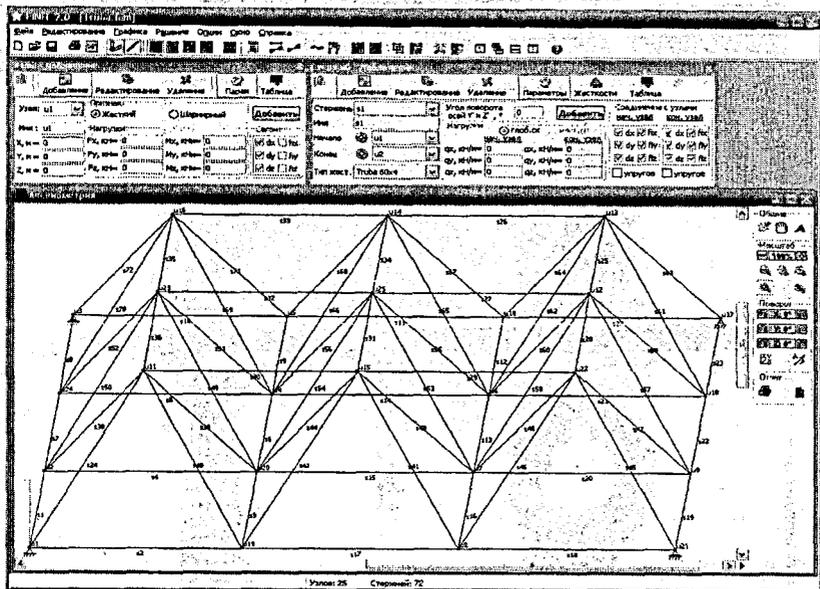


Рис.2. Основное окно программы

Ввод исходных данных производится в основном окне программы с использованием панелей «Узлы», «Стержни», располагающихся под панелью инструментов (рис. 2).

Для узлов расчетной дискретной модели системы вводятся их названия (номера), тип (жесткий, шарнирный), координаты положения узлов (x ; y ; z), наличие опорных связей (линейных, угловых), нагрузки (составляющие сосредоточенных сил и моментов) в узлах.

Для стержней расчетной дискретной модели системы вводятся также их названия (номера), указываются узлы, к которым присоединяются стержни, вид этих соединений (жесткое, шарнирное, упругое), типы и характеристики жесткостей стержней, распределенные нагрузки на стержни (могут задаваться как в глобальной, так и в локальной системах координат), угол поворота оси z' относительно вертикальной плоскости. Для задания упругого соединения стержней с узлами на панели «Стержни» в блоке «Соединение с узлами» (рис. 2) предусмотрены переключатели упругое, включающие возможность задания упругого соединения в начале и конце стержня.

Пространственное сооружение в программе изображается в аксонометрии [3], может быть представлено в проекциях на три плоскости декартовой системы координат (рис. 3). При этом имеется возможность изменения угла, определяющего направление оси y аксонометрии (прямоугольной диметрии), и коэффициента искажения размера по оси y . Это, при необходимости, позволяет выбрать наиболее оптимальный вариант представления рассматриваемого пространственного сооружения. Изображение сооружения в аксонометрии можно поворачивать (вращать) относительно трех осей системы координат (x , y и z). Имеется функция «Что показывать...», позволяющая задавать вид отображаемой информации и ее параметры (узлы, стержни, их названия, положение, опоры, нагрузки, жесткости, эпюры и т.д.).

Располагать рассматриваемые окна можно разными способами – равномерно (рис. 4), каскадом, вертикально, горизонтально.

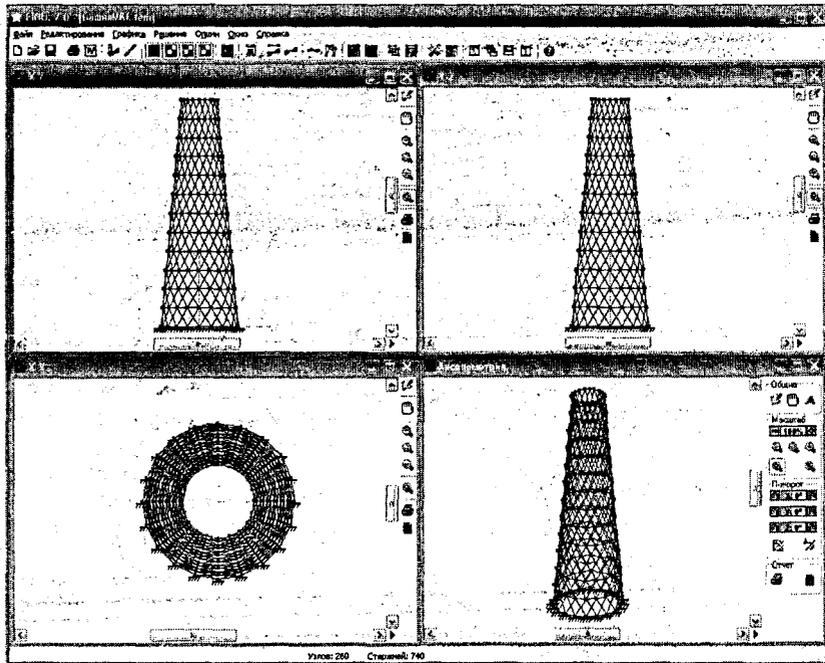


Рис. 4. Графические окна программы «Аксонметрия», «X-Y», «X-Z», «Y-Z»

После запуска программы на расчет выполняется проверка неизменяемости системы, включая наличие (отсутствие) «висячих» узлов и стержней.

В результате расчета для системы (сооружения) получаем усилия в сечениях (изгибающие моменты относительно главных осей сечения, крутящие моменты, поперечные и продольные силы) и их эпюры, а также перемещения узлов и промежуточных сечений стержней и соответственно деформированный вид системы.

Результаты расчета представляются и в графическом, и в численном (табличном) видах. Эпюры усилий и деформации представляются как в целом в системе (рис. 5), так и для каждого стержня (конечного элемента) отдельно.

Представление данных в таблице может корректироваться с помощью специальных команд на панели инструментов, которые позволяют выбрать ширину и высоту ячеек таблицы, вид шрифта, точность, вид и форму представления чисел (число знаков после запятой, отображение нулевых значений, экспоненциальная или обычная форма записи чисел). Результаты расчета представляются на экране монитора, могут быть распечатаны, экспортированы в MS Office Excel, графические изображения можно сохранить в форматах JPG или BMP.

Программа позволяет просмотреть промежуточные результаты расчета, включая матрицы жесткости элементов в локальной и глобальной системах координат, матрицы преобразования координат, вектора узловых нагрузок в местных и общей системах координат, матрицу жесткости системы, коэффициенты разрешающих уравнений, перемещения узловых и промежуточных точек (сечений).

Задание жесткостных характеристик для стержней производится на панели «Стержни» (рис. 1) в окне «Типы жесткостей».

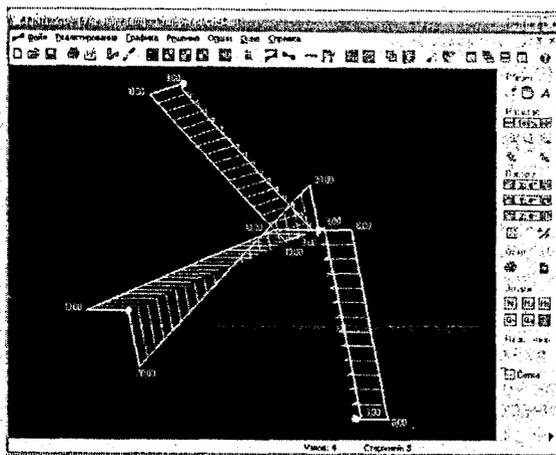


Рис. 5. Окно «Эпюры системы»

Задание жесткостных характеристик для стержней производится на панели «Стержни» (рис. 1) в окне «Типы жесткостей».

Тестирование программы выполнено на примерах, просчитанных вручную и взятых из литературы [5, 6]. Результаты расчетов соответствующих систем, выполненных по программе «FINEL» и по программе «Lira», также совпадают.

Файл исходных данных имеет известную структуру, что позволяет создавать генераторы систем – программы автоматического формирования исходных данных.

Рассматриваемая компьютерная программа статического линейного расчета пространственных стержневых систем на действие внешних нагрузок, разработанная авторами на базе метода конечных элементов, позволяющая учитывать упруго-податливое присоединение конечных элементов к узлам и действие трапециевидально распределенных нагрузок, может использоваться в расчетно-проектной практике, в учебном процессе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игнатюк, В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем: учебное пособие / В.И. Игнатюк. – Брест, 2004. – 172 с.
2. Игнатюк, В.И. Об учете упругой податливости узловых соединений в расчетах методом конечных элементов пространственных стержневых систем / В.И. Игнатюк, А.Ю. Игнатов // Вестник БрГТУ. – 2004. – № 1(25): Строительство и архитектура. – С. 118–122.
3. Игнатюк, В.И. Моделирование вращения аксонометрического изображения пространственной стержневой системы на экране монитора / В.И. Игнатюк, А.Ю. Игнатов // Вестник БрГТУ. – 2006. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 67–70.
4. Игнатюк, В.И. Деформирование пространственного стержневого конечного элемента, упруго-податливо присоединенного к узлам / В.И. Игнатюк, А.Ю. Игнатов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2008. – № 1: Строительство и архитектура.
5. Борисевич, А.А. Общие уравнения строительной механики и оптимальное проектирование конструкций / А.А. Борисевич. – Мн.: Дизайн ПРО, 1998. – 144с.
6. Трущев, А.Г. Пространственные металлические конструкции: учебное пособие / А.Г. Трущев. – М.: Стройиздат, 1983.

УДК 528.48

Андреев М.С., Коцуба Е.И.

Научный руководитель: доц. Зуева Л.Ф.

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПОСОБОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО И ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Целью настоящей работы является сравнение точностных характеристик двух способов нивелирования. Исследования выполнены, чтобы доказать, что тригонометрическое нивелирование не уступает по точности геометрическому, а это, в свою очередь, позволяет расширить сферу применения способа тригонометрического нивелирования.

Нивелирование – вид геодезических измерений, в результате которых определяют превышения между точками, а также их отметки в принятой системе высот.

Геометрическое нивелирование – это определение превышения с помощью горизонтального визирного луча и отвесно установленных нивелирных реек. Для получения горизонтального луча используют прибор, который называется нивелиром.

В геометрическом нивелировании превышения определяют как разность отсчетов, взятых по нивелирным рейкам.

Превышение между точками получают с контролем:

– при использовании шашечных реек как среднее из превышений, полученных по черной и красной сторонам реек $h = (h_{\text{ч}} + h_{\text{к}}) / 2$,

– при использовании штриховых реек как среднее из превышений, полученных по основной и дополнительной шкалам $h = (h_{\text{о}} + h_{\text{д}}) / 2$.

Точность геометрического нивелирования зависит в основном от приборной погрешности и точности отсчитывания по рейке. В табл. 1 приведены точностные характеристики геометрического нивелирования при создании государственных нивелирных сетей [1].

Таблица 1. Технические характеристики и допуски геометрического нивелирования

Приборы, технические характеристики и допуски	Класс нивелирования			
	I	II	III	IV
Нивелиры	H-05, Ni002	H-1, H-2, Ni007	H-3	H-3, H-5, H-10
Рейки	РН-05 (односторонние штриховые инварные)		РН-3 (двухсторонние шашечные)	
Допустимая невязка, вычисленная по длине хода, мм	$3\sqrt{L_{\text{км}}}$	$5\sqrt{L_{\text{км}}}$	$10\sqrt{L_{\text{км}}}$	$20\sqrt{L_{\text{км}}}$
Допустимая невязка в замкнутом ходе, вычисленная через число станций, мм	$0,15\sqrt{n}$	$0,5\sqrt{n}$	$1,5\sqrt{n}$	$5,0\sqrt{n}$
Предельная с.к.п. превышения на станции, мм, не более	0,3	0,4	2,0	4,0
Техническое нивелирование выполняется по методике IV класса, допустимая невязка составляет $50\text{мм}\sqrt{L, \text{км}}$.				

Геометрическое нивелирование коротким лучом по программе I либо II классов применяется для наблюдений за осадками на крупных промышленных объектах, высотных жилых зданиях, на плотинах и зданиях ГЭС, судоводных шлюзах, элеваторах и других ответственных и прецизионных сооружениях.

Длина визирного луча при нивелировании коротким лучом (средняя длина составляет 10-15 м), высота над поверхностью не менее 0,5 м. Нивелирование производится только при вполне благоприятных условиях видимости и при достаточно отчетливых,

спокойных изображениях штрихов реек. Уменьшение длины визирного луча не приводит к увеличению средней квадратической погрешности превышения на 1 км хода, т. к. при этом ослаблено влияние некоторых внешних условий: рефракции, конвекции воздуха, а также повышается точность отсчета. Осадочные марки закладываются примерно на одном уровне для ослабления влияния погрешностей делений рейки. При выполнении измерений в зависимости от класса нивелирования применяют специальную методику и соответствующие приборы. Нивелирование выполняют при двух горизонтах прибора, в прямом и обратном направлениях.

Применение методики геометрического нивелирования коротким лучом визирования позволяет определить разность высот двух точек, расположенных на расстоянии 10–15 м со средней квадратической погрешностью 0,05–0,1 мм. Превышения между точками, удаленными на несколько сотен метров, определяется с погрешностью до 0,5 мм [3].

Тригонометрическое нивелирование – косвенное определение превышения между точками земной поверхности по измеренному углу наклона и горизонтальному расстоянию.

Тригонометрическое нивелирование (рис.1) выполняют теодолитами – приборами, позволяющими измерять горизонтальные и вертикальные углы, а также расстояния с помощью нитяного дальномера. Для угловых измерений используется теодолит, для линейных – стальная рулетка, лазерная рулетка или светодальномер. Также можно использовать электронный тахеометр, который позволяет измерять углы и расстояния.

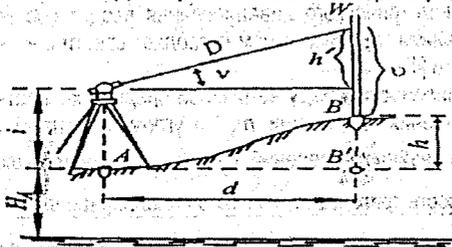


Рис.1. Тригонометрическое нивелирование

В тригонометрическом нивелировании над точкой А устанавливают теодолит и измеряют высоту инструмента i , а в точке В устанавливают нивелирную рейку (визирную марку, веху-отражатель). Для повышения точности и контроля определения превышения углы наклона измеряют в прямом и обратном направлениях [2].

Для определения превышения h измеряют угол наклона v , горизонтальное положение d и фиксируют высоту визирования u . Высота визирования – это отсчет по рейке, на который наведен визирный луч теодолита (высота визирной цели).

Тогда формула тригонометрического нивелирования будет иметь вид:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - u - f \quad (1)$$

где i – высота теодолита над точкой, u – высота наведения при измерении угла наклона, f – поправка за кривизну Земли и рефракцию, выбираемая из специальных таблиц. Поправку вводят при расстояниях между точками, больших 300 м.

Для получения средней квадратичной погрешности тригонометрического нивелирования найдём частные производные:

$$\frac{\partial h}{\partial d} = \operatorname{tg} v; \quad \frac{\partial h}{\partial v} = \frac{d}{\cos^2 v}; \quad \frac{\partial h}{\partial i} = 1; \quad \frac{\partial h}{\partial u} = -1. \quad (2)$$

Подставляя частные производные и значения средних квадратичных погрешностей

измеренных элементов в формулу (1), получим:

$$m_h^2 = m_v^2 \cdot \operatorname{tg} v + \frac{d^2}{\cos^4 v} \cdot \frac{m_v^2}{\rho^2} + m_i^2 + m_s^2 \quad (3)$$

где m_h – средняя квадратичная погрешность определения превышения тригонометрическим нивелированием.

При углах $|v| \leq 5^\circ$ можно принять: $\operatorname{tg} v = \frac{v}{\rho}$, $\cos v = 1$. С учётом этого формула (8)

примет вид:

$$m_h^2 = (v^2 m_v^2 + d^2 m_v^2) \cdot \frac{1}{\rho^2} \quad (4)$$

Погрешность определения превышений методом тригонометрического нивелирования может быть уменьшена за счет повышения точности измерения углов наклона и расстояний более точными геодезическими приборами.

Поэтому для этих целей применяют теодолиты Т1 и Т2, а для повышения точности определения превышения высоту инструмента и высоту наведения измеряют стальной рулеткой с миллиметровыми делениями ($m_i = m_v = 1$ мм), используют марки со специальными горизонтальными штрихами.

Следует иметь в виду, что на результатах тригонометрического нивелирования сказывается влияние вертикальной рефракции и кривизны Земли. Поэтому при производстве точного тригонометрического нивелирования вводят соответствующие поправки. Методика нивелирования коротким лучом позволяет свести к нулю поправку за рефракцию и кривизну Земли [4].

Рассмотрим зависимость между величиной средней квадратической погрешностью определения превышения на станции $m_{\text{кр}}$ и углом наклона v (табл.2) при заданной точности угловых и линейных измерений, расчеты выполним по формулам (3) и (4).

Таблица 2. Точность тригонометрического нивелирования

Геодезические приборы, точность угловых и линейных измерений	Средняя квадратическая погрешность определения превышения на станции $m_{\text{кр}}$, мм при значениях угла наклона v :									
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	8°	10°	12°	15°
Теодолит Т30, землемерная пента										
$m_v = 45''$, $m_d = 5$ см	10,94	11,05	11,22	11,45	11,75	19,61	21,80	23,82	25,72	28,40
Теодолит Т15, стальная рулетка										
$m_v = 22''$, $m_d = 2$ см	5,34	5,38	5,43	5,51	5,61	8,43	9,26	10,04	10,77	11,83
Теодолит Т5, стальная рулетка										
$m_v = 7''$, $m_d = 2$ см	1,73	1,83	1,99	2,20	2,43	6,71	7,69	8,58	9,39	10,51
Теодолит Т5 и лазерная рулетка либо электронный тахеометр 3Та5										
$m_v = 7''$, $m_d = 5$ мм	1,70	1,71	1,72	1,73	1,75	2,36	2,55	2,73	2,91	3,16
Теодолит Т2 и лазерная рулетка										
$m_v = 3''$, $m_d = 5$ мм	0,73	0,75	0,77	0,81	0,85	1,78	2,02	2,23	2,43	2,70
Электронный тахеометр Trimble 3602										
$m_v = 2''$, $m_d = 2$ мм	0,49	0,49	0,50	0,50	0,52	0,81	0,90	0,98	1,05	1,16
Примечание: расчеты выполнены для расстояния между точками, равного 50 метров.										

В процессе выполнения исследований были выполнены опытные измерения. Они показали, что при использовании теодолита 3Т2КП и лазерной рулетки *Disto A5* точность определения превышения, при расстоянии от прибора до рейки 65–70 м, соответствует геометрическому нивелированию III класса.

Таким образом, при использовании точных теодолитов типа Т2 и средств линейных измерений с погрешностью измерения расстояния $m_d = 5$ мм тригонометрическое нивелирование соответствует III классу геометрического. В табл.2. курсивом выделены значения соответствующие этому выводу. Например, $m_{кр} = 3,16$ мм. Тогда погрешность определения на станции при измерении углов наклона в прямом и обратном направлении составит $M_h = m_h / \sqrt{2} = 3,16 / \sqrt{2} \approx 2$ мм, что соответствует величине погрешности определения превышения на станции (0,9–2,0 мм) из геометрического нивелирования III класса, приведенной в табл.1:

Но лучшие результаты дает методика тригонометрического нивелирования [4] коротким лучом при небольших углах наклона. Приведем расчеты в табл.3 при точности угловых измерений $m_\alpha = 3''$ и линейных – $m_d = 5$ мм.

На основе расчетов можно сделать вывод, что тригонометрическое нивелирование коротким лучом при углах наклона меньше 5° по точности соответствует геометрическому нивелированию II класса.

Например, при использовании электронного тахеометра Trimble 3602 точность определения превышения на станции повышается (в табл.2 значения выделены жирным шрифтом) и соответствует точности геометрического нивелирования II класса.

Таблица 3. Точность тригонометрического нивелирования коротким лучом

Величина угла наклона	Средняя квадратическая погрешность определения превышения на станции $m_{кр}$, мм при длинах плеч d								
	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м	40 м	50 м	70 м
$1,5^\circ$	0,15	0,20	0,25	0,32	0,39	0,46	0,60	0,74	0,88
3°	0,27	0,30	0,34	0,39	0,45	0,51	0,64	0,77	0,90
5°	0,44	0,46	0,49	0,52	0,57	0,62	0,73	0,85	0,96
7°	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79	1,81	1,85	1,90	1,96
10°	2,10	2,10	2,11	2,12	2,13	2,15	2,18	2,23	2,28
15°	2,59	2,59	2,60	2,61	2,62	2,63	2,66	2,70	2,75

Таким образом, способ тригонометрического нивелирования можно использовать не только при выполнении тахеометрической съемки, но и при наблюдении за осадками фундаментов, частей зданий, при выполнении обмеров зданий и сооружений с помощью электронных тахеометров. По сравнению с геометрическим нивелированием способ тригонометрического нивелирования позволяет измерять с одной станции значительные по величине превышения, отпадает необходимость в рейках, в качестве осадочных марок можно использовать различные облегченные знаки и откраски на конструкциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М.: Недра, 1990.
2. Курс инженерной геодезии под ред. В.Е.Новака. – М.: Недра, 1989.
3. Пискунов М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980.
4. Рабцевич И.С. Тригонометрическое нивелирование коротким лучом. – «Геодезия и картография», 1982, №5 – 29-31 с.

УДК 624.155.33.001.572:624.155.1

Макарук М.А., Мацкевич В.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Юськович Г.И.

ПРИМЕНЕНИЕ ОБМАЗОК ПРИ ПОГРУЖЕНИИ СВАЙ

Одним из путей повышения эффективности капитального строительства, в том числе фундаментостроения, является разработка новых конструктивных решений и технологий производства работ, позволяющих сократить инвестиционный цикл, ускорить выпуск готовой строительной продукции как при строительстве новых, так и при реконструкции существующих предприятий.

В Белорусском регионе, для которого характерны заторфованные, илистые, водонасыщенные песчаные и глинистые грунты, широкое распространение получили фундаменты из забивных свай. Стоимость фундаментов и подготовки оснований, как правило, составляет 15...25% стоимости возведения зданий и сооружений. Поэтому даже незначительное повышение эффективности устройства фундаментов в масштабах республики позволит получить значительную экономию ресурсов.

Существенное снижение стоимости возведения свайных фундаментов может быть достигнуто за счет сокращения энергетических и трудовых затрат на установку свай в грунтовое основание. В этой связи разработка энергосберегающей технологии погружения забивных свай является актуальной задачей.

Анализ отечественного и зарубежного опыта технологии свайных работ показывает, что, как правило, все используемые приемы погружения свай, приводят к снижению энергозатрат при определенных условиях, что ограничивает область их применения.

Одним из направлений снижения энергоемкости является применение обмазок. Экспериментальными исследованиями ряда авторов [1...6] установлено, что к снижению энергозатрат приводит покрытие поверхности ствола такими материалами, как карбамидные, фурфуроланилиновые, полиакриламидные и эпоксидные смолы, битумные мастики, оболочки из полиэтилена, глинистые и торфоглинистые тиксотропные пасты.

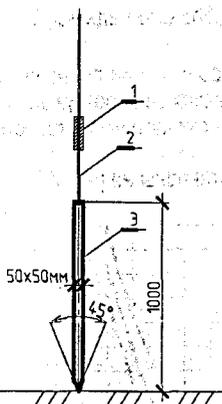
Используемые в экспериментальных испытаниях составы для покрытия поверхности погружаемых свай приготовлены на основе дорогостоящих материалов, и способы их нанесения трудоемки.

Применение обмазочных материалов на основе дешевых местных материалов и отходов промышленного производства, а также совершенствование способов подачи их к стволу сваи в процессе внедрения в грунт позволит существенно повысить эффективность технологии свайных работ.

Сущность погружения свай с обмазками заключается в том, что в полость между грунтом и свайей, образующуюся в начальной стадии забивки, подается обмазочный материал, проникая в грунт, заполняет все возникающие пустоты, трещины, каверны и поры и увлекается вниз, образуя жидкую, но вскоре затвердевающую с грунтом оболочку вокруг сваи. Обмазка до отверждения облегчает погружение свай, оказывая смазывающее действие, а после отверждения увеличивает их несущую способность. Свая как бы вклеивается в грунт.

В целях изучения способа погружения свай в "рубашках" были проведены испытания моделей свай в лабораторных и полевых условиях.

Опыты проводились на сваях-моделях, выполненных из дерева. Длина свай была принята равной 1000 мм, размеры поперечного сечения 50×50 мм, угол заострения наконечника - 45°. В центре торцовой части оголовка модели предусмотрено отверстие для установки металлического стержня диаметром 10 мм и длиной 180 мм, служащего направляющей при падении ударного груза (рис. 1).



1 – ударный груз; 2 – металлический стержень (штанга); 3 – модель сваи
Рис. 1. Погружение моделей свай

Для забивки моделей свай применялся металлический ударный груз массой 2 кг, имеющий цилиндрическую форму и сквозное осевое отверстие для свободного скольжения по направляющему стержню. Соотношение масс ударного груза и моделей находилось в пределах 1:1,25...1:2,0.

Сущность методики проводимых опытов заключалась в замерах числа ударов груза и определении энергозатрат на погружение моделей свай традиционным методом и с применением обмазочных составов.

Забивка моделей осуществлялась с помощью свободно падающего груза, скользящего по направляющей металлической штанге диаметром 10 мм и длиной 180 мм, зафиксированной в осевых отверстиях свай диаметром 12 мм и длиной 50 мм. Модели свай погружались в грунт до отметки 0,75 м.

Высота падения груза была принята 1 м. Число ударов груза подсчитывалось на каждые 100 мм погружения сваи в грунт, а на последних 100 мм – на каждые 10 мм, для чего боковая поверхность модели размечалась. Сваи забивались рядом друг с другом на расстоянии не менее шести размеров стороны поперечного сечения ствола, т.е. не менее 0,3 м для исключения влияния напряжений в грунте, возникающих при забивке. В опытах фактическое расстояние между погружаемыми моделями принималось равным 0,30...0,35 м.

Опыты проводились в лабораторных и полевых условиях. В лабораторных условиях модели свай забивались в лоток объемом 1 м³ размерами 1,0×1,0×1,0 м с металлическими стенками, по обоим сторонам которого были установлены прозрачные экраны из органического стекла. Лоток заполнялся однородным мелкозернистым песком слоями толщиной 120 мм с последующим равномерным уплотнением каждого слоя. Степень уплотнения грунта контролировалась величиной осадки каждого слоя до 100 мм. По поверхности каждого уплотненного слоя у прозрачных стенок лотка отсыпалась меловая прослойка толщиной до 0,5 мм. В процессе отсыпки грунта контролировалась его влажность в пределах 7...10%. Уплотнение слоев выполнялось путем укладки на поверхность грунта деревянного щита, нанесения по нему ударов металлической гирей массой 5 кг, падающей с высоты 1,0 м по направляющей штанге. При перемещении щита по поверхности отсыпанного слоя грунта достигалось его равномерное уплотнение при одинаковом количестве ударов падающего груза. Для контроля высоты слоя грунта внутренняя боковая поверхность лотка имела соответствующую разметку для каждого слоя насыпного грунта – 100 мм. При погружении моделей свай у прозрачных стенок лотка по искривлению меловой прослойки между грунтовыми слоями оценивали характер распределения напряжений в грунте.

В грунт погружались модели без обмазки и с обмазкой ствола свай. В качестве обмазок применялись глинистый раствор и раствор силиката натрия (жидкого стекла), которые заливались в приямок у боковой поверхности ствола.

Для каждой серии параллельных опытов принималось среднее значение числа ударов на *i*-ом мм погружения моделей.

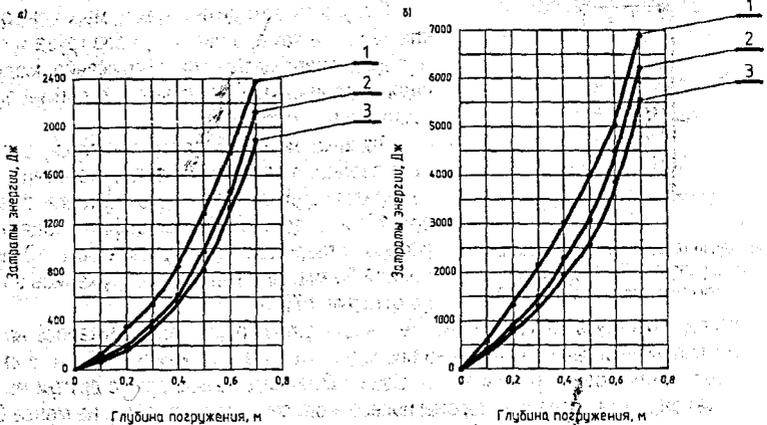
Затраты энергии определялись по выражению:

$$E = m \cdot g \cdot h \cdot n, \quad (1)$$

где m - масса груза, кг; $g = 9,81 м/с^2$ - ускорение свободного падения; h - высота падения груза, м; n - количество ударов груза, шт.

Исследования в полевых условиях проводились на строительной площадке жилого дома в микрорайоне "Восток" г. Бреста. Модели призматических свай погружались в мягкопластичный суглинистый грунт без обмазки и с обмазкой глинистым раствором и раствором силиката натрия.

Результаты лабораторных и полевых испытаний представлены на рис. 2.



а - в лабораторных условиях; б - в полевых условиях
1 - без обмазки; 2 - с обмазкой жидким стеклом; 3 - с обмазкой глинистым раствором
Рис. 2. Зависимости энергозатрат от глубины погружения моделей свай

Статическая обработка результатов экспериментальных исследований [7] процесса погружения моделей свай в лабораторных и полевых условиях показала, что обмазка ствола свай и ее вид в различных грунтовых условиях оказывает значимое влияние на энергозатраты при погружении.

Из результатов опытов видно, что снижение энергозатрат при погружении моделей свай в мелкозернистые песчаные грунты и мелкозернистые суглинки в "рубашках" из жидкого стекла и глинистого раствора составило, соответственно 9,3%...11,0% и 19,7%...21,2%.

Анализ изменения энергозатрат от глубины погружения моделей (рис. 2) показывает, что при применении обмазок энергозатраты существенно снижаются в первоначальный период погружения, примерно при заглублении сваи на 2/3 ее длины.

При дальнейшей забивке затраты энергии резко возрастают, что объясняется недостаточным проникновением, соответственно, недостаточной обмазкой ствола растворами, а также увеличением зоны увлажнения грунта. Увлажнение грунта приводит к образованию плотного грунтового ядра под наконечником сваи, препятствующего проникновению её в грунт.

В связи с этим необходима разработка новых способов подачи обмазочных составов и конструктивных решений свай, позволяющих обеспечить проникновение обмазки к наконечнику сваи в процессе погружения.

В проводимых экспериментальных исследованиях была сделана попытка применения в качестве материалов для приготовления обмазочных составов отходов сахара ОАО "Жабинковский сахарный завод".

Основными отходами при производстве сахара на предприятии являются фильтра-

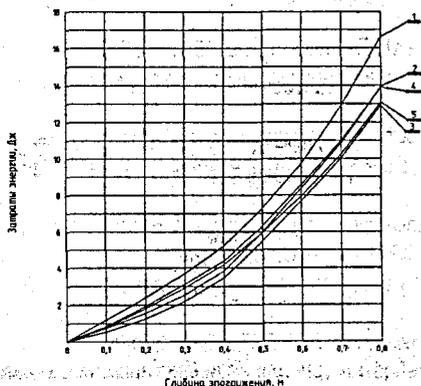
ционный осадок (далее дефекат) [8] и отходы в виде комовой извести, которые складываются на прилегающей к заводу территории. Отходы, предложенные для проведения экспериментов и отобранные на территории их складирования, можно характеризовать как известьсодержащий материал, находящийся в плотном состоянии и содержащий 23...32% твердых включений с размером частиц более 2,5 мм. Влажность составляет 58...73%, активность (содержания $\text{CaO}+\text{MgO}$) - 18...26%. При добавлении воды легко переходит в пастообразное состояние. При затворении дефеката водой образуется липкая тестообразная масса.

Исследования проводились на призматических сваях-моделях, изготовленных из дерева. Длина моделей 1000 мм, размеры поперечного сечения 50×50 мм; угол заострения наконечника - 45° . Забивка моделей осуществлялась с помощью свободно падающего груза цилиндрической формы массой 2,5 кг, скользящего по направляющей металлической штанге (рис. 1). Модели свай погружались в грунт на глубину 750 мм. Соотношение масс ударного груза и моделей свай находилось в пределах 1:1,58...1:1,6. Высота падения груза была принята 1 м.

Опыты проводились в полевых условиях на площадке, расположенной за пределами территории УО «БрГТУ» в районе глиняных карьеров. Грунты на экспериментальной площадке были представлены глиной мягкопластичной консистенции. Обмазочные составы готовились путем перемешивания с водой порошкообразных комовой извести и дефеката в соотношении 1:0,25 (25%) и 1:0,5 (50%) и имели жидкую консистенцию. К стволу моделей, свай обмазки подавались путем их подлива к боковой поверхности в процессе забивки. При проведении опыта фиксировалось количество ударов падающего груза на каждые 100 мм погружения модели, а к концу забивки - на каждые 10 мм. Число параллельных опытов, проведенных в одинаковых условиях, принималось равным восьми. Для каждой серии параллельных опытов определялось среднее арифметическое значение числа ударов груза затрат энергии по выражению (1).

Для проведения опытов на экспериментальной площадке устанавливались участки с однородными грунтами. С этой целью разрабатывались шурфы глубиной до 1 м и оценивались вид и состояние грунта. До погружения моделей выполнялась срезка растительного слоя грунта в пределах участка забивки. В точке погружения каждой модели устраивался приямок глубиной до 100 мм, который в процессе забивки заполнялся обмазочным составом.

Сравнительные результаты экспериментальных исследований со средними значениями затрат энергии на погружение моделей свай без обмазки и с обмазкой водными составами дефеката и комковой извести показаны на рис. 3.



- 1 - без обмазки; 2 - обмазка дефекатом (25%);
- 3 - обмазка дефекатом (50%);
- 4 - обмазка отходами извести (25%);
- 5 - обмазка отходами извести (50%)

Рис. 3. Зависимости затрат энергии от глубины погружения моделей свай

Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований энергозатрат при погружении моделей свай в глинистые грунты показала, что обмазка ствола свай, а также вид обмазки оказывают значительное влияние на энергоемкость погружения.

Анализ технической и патентной литературы и результатов экспериментальных исследований позволяет сделать следующие выводы:

– обмазка ствола свай и вид обмазочного состава оказывают значимое влияние на энергоемкость процесса погружения свай в грунт;

– из результатов опытов, проведенных в лабораторных и полевых условиях, видно, что при погружении моделей свай в мелкозернистые песчаные и мягкопластичные суглинки в "рубашках" из силиката натрия и глинистого раствора снижение энергозатрат составило соответственно 9,3%...11,7% и 19,7%...21,2%;

– анализ результатов экспериментальных исследований энергозатрат при погружении моделей свай в глинистые грунты с применением обмазочных составов из отходов сахарного производства ОАО "Жабинковский сахарный завод" показал, что обмазка ствола свай, а также вид обмазки оказывают значимое влияние на энергоемкость погружения;

– применение в качестве обмазки эмульсий дефеката и отходов комковой извести состава 1:4 (порошкообразный материал: вода) привело к снижению затрат энергии при погружении моделей на 0,5 их длины соответственно на 26,0% и 15,4%. Применение эмульсий тех же материалов состава 1:2 приводит к снижению энергозатрат соответственно на 33,1% и 19,6%. При дальнейшей забивке затраты энергии возрастают, т.е. эффективность влияния обмазок снижается. Это объясняется недостаточным проникновением и, соответственно, недостаточной обмазкой ствола эмульсией, что вызывает необходимость в совершенствовании способов подачи обмазочных материалов к стволу и кончику свай;

– при забивке моделей падающим грузом на глубину до 0,8 их длины снижение затрат энергии с применением эмульсий дефеката и комковой извести состава 1:4 и 1:2 в среднем составило соответственно 15,7% и 21,1%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мулюков Э.И. Погружение свай в тиксотропных рубашках. – М.: Стройиздат, 1988. – 264 с.
2. Гумянский Б.М. Погружение свай с помощью обмазок синтетическими смолами и глинами. – Л.: Стройиздат, 1969. – 163с.
3. Свайные работы / И.И. Косоруков и др. – М.: Высшая школа, 1974. – 391 с.
4. Методические рекомендации по погружению висячих свай в полимерной рубашке. – Уфа, 1975. – 14 с.
5. Назаров С.Н. Исследование энергоемкости погружения моделей полых круглых свай в тиксотропной рубашке / Свайные фундаменты. Сборник научных трудов. – Уфа: НИИпромстрой, 1984. – С. 110...115.
6. Юськович Г.И. и др. Технология забивки свай с обмазками / Вестник БрГТУ: Строительство и архитектура. – Брест: БрГТУ, 2003, №1. – С. 124...126.
7. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – Л.: "Химия", 1985. – 48 с.
8. Технические условия. "Осадок фильтрационный" ТУ РБ 37602662.630-99.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИОБЪЕКТНОГО СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

При проектировании приобъектного складского хозяйства существенные неточности возникают из-за несовершенства методики определения количества материалов, подлежащих хранению. Как правило, расчет ведется исходя из предположения, что все материалы хранятся одновременно, ведем ли мы расчет на весь период строительства или на отдельный промежуток. В то же время не требует доказательства тот факт, что количество материалов, подлежащих хранению, – величина, изменяющаяся в течение всего периода строительства. Учет этого обстоятельства позволит оптимизировать складское хозяйство на строительной площадке. С другой стороны, существующая методика определения количества материалов, подлежащих хранению, может дать результат, значительно отличающийся от реального в зависимости от выбранного значения нормы запаса. Норма запаса представляет из себя количество дней в пределах 3-30 суток [1]. Исходя из этого, а также продолжительности выполнения работы, и определяется объем материала, подлежащего хранению. Строительство в стесненных условиях, во-первых, требует более корректных подходов определения параметров складского хозяйства, хотя в некоторых случаях это неизбежно может привести к увеличению транспортных расходов; во-вторых, в современных условиях возможности материально-технической базы строительной отрасли позволяют минимизировать запасы материалов на приобъектных складах.

При использовании логистических подходов размеры запасов материалов устанавливаются исходя из совокупных затрат на хранение запаса и чаще всего рассчитывается по формуле Уилсона [3,4].

Но данная методика не учитывает временной фактор, который весьма существенен в условиях строительства. Также неясна методика определения одного из коэффициентов.

С учетом вышесказанного, количество материала на приобъектных складах целесообразнее всего определять как разницу между объемами поставки и потребления.

В общем виде количество может быть определено по следующему выражению:

$$q = q_0 + \int_{t_0}^t f(t) dt - \int_{t_0}^t u(t) dt, \quad (1)$$

где q_0 – исходное количество материала, хранящегося на складе в момент времени t_0 ;

$f(t)$ – функция, описывающая поставку материала;

$u(t)$ – функция, описывающая потребление материала.

В большинстве случаев, при проектировании временного строительного хозяйства, $f(t)$ и $u(t)$ не определены. Тогда в формуле (1) определенные интегралы можно заменить суммой:

$$q = q_0 + \sum_{i=t_0}^t f_i - \sum_{i=t_0}^t u_i, \quad (2)$$

где f_i – количество материала, поставленного на объект за период времени $t-t_0$;

u_i – количество материала, потребленного в тот же момент времени.

Формулу (2) можно упростить, если принять, что:

- материалы на объект поставляются в течение всего периода равномерно;

- потребление материалов происходит так же равномерно.

С учетом этого объем материала, подлежащего хранению, в i -й день:

$$q_i = q_0 + n \frac{Q}{t_n} - m \frac{Q}{t_m}, \quad (3)$$

где Q – общая потребность в материалах;

- n - количество дней поставки от начала до i -го дня;
- m - количество дней потребления от начала поставки до i -го дня;
- t_n - продолжительность периода поставки;
- t_m - общая продолжительность периода потребления.

В случае если поставки планируется осуществлять с определенной ритмичностью, параметр n может быть заменен произведением ритма поставок a на количество поставок l .

Используя выражение (3), определим количество материала, подлежащего хранению на конкретном примере:

Для производства работы необходимо 150 ед. материала, период поставки материала 15 дней, поставку материала начинают за 5 дней до начала работ. Все данные сведем в таблицу (таблица); на основе которой построен график (см. рис.).

В рассмотренном примере максимальное количество материала, подлежащего хранению, составит 100 ед. При использовании традиционной методики [1] эта величина может быть равна:

$$P_{скл} = \frac{P_{об}}{T} \cdot T_H = \frac{150}{15} \cdot 5 = 50 \text{ ед.},$$

если норму запаса принять равной 5 дням, при максимальном ее значении (15 дней):

$$P_{скл} = P_{об} = 150 \text{ ед.}$$

В данном примере количество материала, на которое необходимо рассчитывать складское хозяйство, в 2 раза больше, чем определенное по традиционной методике при норме запаса равной 5 дней или в 1.5 меньше, если норма запаса равна 15 дням, т.е. в целом предлагаемая методика позволяет оптимизировать размер складского хозяйства и, при соблюдении запланированных графиков поставки и потребления, снизить затраты на его создание и содержание, но для этого требуется повысить уровень организации строительного производства.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Суммарный объем поставки (ед.)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150											
Суммарный объем потребления (ед.)						10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
Количество материала, подлежащего хранению	15	30	45	60	75	80	85	90	95	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	

С учетом изложенной методики при проектировании складского хозяйства по каждому материалу необходимо:

- 1) построить график поставки или определить функцию поставки;
- 2) построить график потребления или определить функцию потребления;
- 3) определить количество материала, подлежащего хранению, по формуле (1) или (3);
- 4) вычислить площадь склада, необходимую для хранения данного материала в момент наибольшего его запаса по формуле:

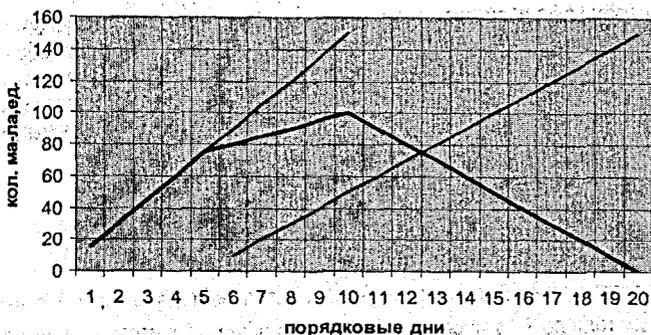
$$F = q \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot f, \quad (5)$$

где q - количество i -го материала, подлежащего хранению;

k_1 - коэффициент неравномерности поставки (1.1-1.3);

k_2 - коэффициент неравномерности потребления (1.3);

f - потребная площадь склада на единицу материала, с учетом проходов и проездов.



1- график поставки материалов; 2- график потребления материалов; 3- запас материалов
Ресурсные графики

- 5) просуммировать площади складов по всем материалам в выбранный момент времени поставки и потребления по каждому типу склада (открытый, закрытый, навес и др.);
- 6) для дальнейших расчётов выбрать максимальное значение площадей каждого склада.

Выводы:

1. Предложенная методика позволяет оптимизировать запас материала на приобъектных складах с учетом условий поставки и потребления;
2. При прочих равных обстоятельствах предоставляется возможность минимизировать приобъектное складское хозяйство, что актуально при строительстве в стесненных условиях;
3. Использование методики ставит более высокие требования к подготовке строительного производства, повышению уровня календарного планирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Организация строительного производства / Учеб. для строит. вузов / Л.Г. Дикман – М.: Издательство АСВ, 2003. – 512 с.
2. Шахпаронов В.В. и др. Организация строительного производства / Шахпаронов В.В., Аблязов Л.П., Степанов И.В./ – Под ред. В.В. Шахпаронова – 2-е изд., переработанное и дополненное. – М.: Стройиздат, 1987.
3. Логистика: учеб. пособие / И.М. Баско, В.А. Бороденя, О.И. Карпенко [и др.]; под ред. д.э.н., проф. И.И. Полещук. – Минск: БГЭУ, 2007. – 431 с.
4. Логистика: Учебник / Под. Ред. Б.А. Аникина: 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА – М, 2006. – 368 с.

УДК 338.262

Кирьянов Д.В.

Научный руководитель: ст. преподаватель Срывкина Л.Г.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ОАО «СТРОИТЕЛЬНЫЙ ТРЕСТ №8»

Объектом исследования при выполнении работы являлись информационные потоки в системе производственного планирования ОАО «Строительный трест № 8» г. Бреста.

Целью работы являлось выявление резервов повышения эффективности функционирования системы производственного планирования на строительном предприятии.

В ходе работы был произведен анализ показателей выполнения годовых и месячных планов в ОАО «Строительный трест №8» за период с января 2005 г. по декабрь 2007 г.

Уровень выполнения годового плана рассчитывается отделом планирования труда и экономического анализа треста ежемесячно по соотношению фактически выполненного с начала года и запланированного на этот период объема СМР в базисных ценах:

$$Y_{1-i,j} = \frac{O_{1-i,j}^{\text{факт}}}{O_{1-i,j}^{\text{план}}} \times 100\%, \quad (1)$$

где $Y_{1-i,j}$ - уровень выполнения годового плана в i -м месяце j -м строительным управлением, %;

$O_{1-i,j}^{\text{факт}}$ - фактически выполненный j -м строительным управлением с начала рассматриваемого года до i -го месяца включительно объем строительно-монтажных работ в базисных ценах, руб.;

$O_{1-i,j}^{\text{план}}$ - запланированный на тот же период объем строительно-монтажных работ в базисных ценах, руб.

Аналогично, уровень выполнения месячного плана определяется по формуле:

$$Y_{i,j} = \frac{O_{i,j}^{\text{факт}}}{O_{i,j}^{\text{план}}} \times 100\%, \quad (2)$$

где $Y_{i,j}$ - уровень выполнения плана за i -й месяц j -м строительным управлением, %;

$O_{i,j}^{\text{факт}}$ - фактически выполненный j -м строительным управлением в i -м месяце объем строительно-монтажных работ в базисных ценах, руб.;

$O_{i,j}^{\text{план}}$ - запланированный на тот же период объем строительно-монтажных работ в базисных ценах, руб.

На рис. 1 представлена динамика выполнения показателей годового плана по месяцам 2007 г. ОАО «Строительный трест № 8» в целом и отдельными строительными управлениями. На диаграмме прослеживается значительное различие уровней выполнения плана филиалами треста в начале и постепенное выравнивание их к концу года. Аналогичные картины были характерны и для предшествующих 2005 г. и 2006 г.

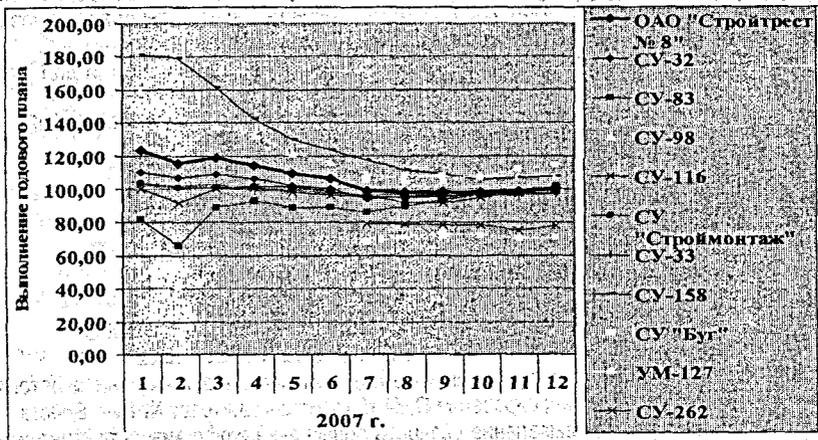


Рис. 1 Динамика выполнения годового плана в 2007 г.

Анализ показателей выполнения месячных и годовых планов для отдельных подразделений показал: для уровня выполнения месячных планов характерны значительные колебания, что наиболее ярко видно на примере для СУ-83: 42,4 % в январе 2006 г. – 107,2 % в феврале 2006 г. (разница в 2,53 раза за месяц); 168,0 % в августе 2006 г. – 90,9 % в сентябре 2006 г. (в 1,84 раза за месяц).

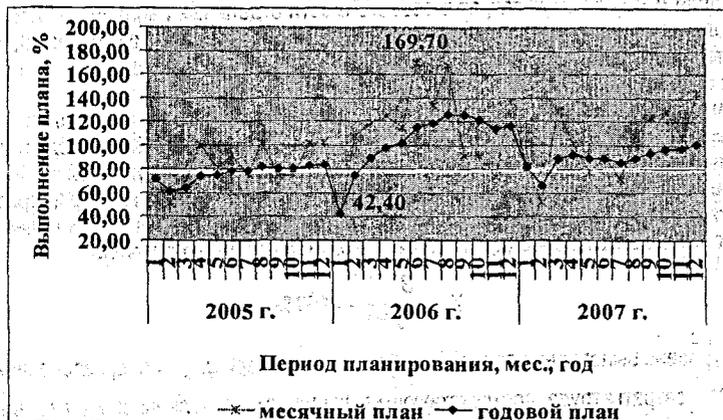


Рис. 2 Динамика выполнения плана по СУ-83

Всего за три года для СУ-83 перепад максимального и минимального уровня выполнения месячного плана составил $169,7/42,4=4$ раза (рис. 2).

Похожая картина наблюдается в СУ-98: 57,3 % в октябре 2006 г. - 124,6 % в ноябре 2006 г. (2,17 раза в течение месяца), за три года перепад составил $162,4/53=3,06$ раза.

Основными причинами отставания от месячных и недельно-суточных планов по результатам проведенного опроса экспертов в ОАО «Строительный трест № 8» являются:

1) перебои в снабжении материалами и конструкциями – удельный вес данного фактора составляет около 50 % в связи с резким ростом объемов строительно-монтажных работ, опережающим выпуск строительных материалов и конструкций;

2) недостаток квалифицированных кадров – удельный вес фактора составляет 30 %. За последние два года в ОАО «Строительный трест № 8» появилось около тысячи новых работников. Как правило, это молодежь, у которой отсутствует опыт работы;

3) прочие факторы (невыполнение договорных обязательств субподрядчиками, перебои в работе механизмов, транспорта, неблагоприятные погодные условия) – 20 %.

При формировании плана в ОАО «Строительный трест № 8» на i -й месяц для j -го строительного управления соответствующий объем строительно-монтажных работ $O_{i,j}^{план}$ рассчитывается по формуле:

$$O_{i,j}^{план} = V_j^{план} \times Ч_{раб.j} \quad (3)$$

где $V_j^{план}$ - месячная плановая выработка одного работающего j -го строительного управления, рассчитанная по достигнутым показателям предыдущих периодов и с учетом задания по росту производительности труда, руб./(чел.*мес.);

$Ч_{раб.j}$ - численность работающих в j -м строительном управлении, чел.

Следует подчеркнуть, что показатель выработки $V_j^{план}$ является усредненным для данного строительного управления.

Значительное перевыполнение месячных планов на отдельных отрезках времени связано с тем, что строительными управлениями в эти периоды выполнялись работы, в стоимости которых основную долю составляет стоимость материалов, изделий и конструкций, т.е. эти для этих работ фактическая выработка $V_j^{\text{факт}}$ значительно превышала усредненную: $V_j^{\text{факт}} > V_j^{\text{план}}$.

Так, доля материальных затрат в себестоимости отдельных работ может достигать 80 % и более, при том, что по данным [2] в 2006 г. в организациях Минстройархитектуры доля материальных затрат в структуре стоимости строительно-монтажных работ составляла 58,4 %.

Таким образом, показатели выполнения плана, основанные на соотношении стоимости фактически выполненных и запланированных работ, представляются недостаточно объективными, так как на них оказывает значительное влияние структура этой стоимости.

Более точно уровень выполнения плановых заданий мог бы быть охарактеризован соотношением *трудозатрат*, соответствующих фактически выполненному объему работ в рассматриваемом периоде, и *планового фонда рабочего времени*:

$$Y_j = \frac{ЗТ_j^{\text{факт}}}{Ф_j^{\text{план}}} \times 100\%, \quad (4)$$

где Y_j - уровень выполнения плановых заданий за i -й период j -м подразделением, %;

$ЗТ_j^{\text{факт}}$ - затраты труда, соответствующие фактически выполненному в i -м периоде j -м подразделением объему работ, чел.-дн.;

$Ф_j^{\text{план}}$ - плановый фонд рабочего времени для j -го подразделения на i -й период, чел.-дн.

Затраты труда $ЗТ_j^{\text{факт}}$, чел.-дн., рассчитываются по формуле:

$$ЗТ_j^{\text{факт}} = \sum_{k=1}^K V_{kj} \times H_k, \quad (5)$$

где V_{kj} - фактически выполненный объем k -го вида работ в i -м периоде j -м подразделением, нат.ед.;

H_k - норма времени на выполнение k -го вида работ, чел.-дн./нат.ед.

Плановый фонд рабочего времени $Ф_j^{\text{план}}$, чел.-дн., определяются следующим образом:

$$Ф_j^{\text{план}} = Ч_{\text{раб.}j} \times t_i \times k_{\text{нев.ср.}j} \times k_{\text{вып.ср.}j}, \quad (6)$$

где $Ч_{\text{раб.}j}$ - количество рабочих в j -м подразделении, чел.;

t_i - продолжительность i -го периода, дн.;

$k_{\text{нев.ср.}j}$ - средний коэффициент невыходов на работу для j -го подразделения (определяется по данным предыдущих плановых периодов);

$k_{\text{вып.ср.}j}$ - средний коэффициент выполнения норм выработки j -го подразделения.

Но данный метод также не лишен недостатков: величина *трудозатрат* $ЗТ_j^{\text{факт}}$, соответствующая выполненному объему работ, чувствительна к объективности, обоснованности норм времени H_k . К тому же он является более трудоемким, так как для его реализации требуется собирать статистические данные и определять значения коэффициентов $k_{\text{нев.ср.}j}$ и $k_{\text{вып.ср.}j}$.

В качестве показателя уровня выполнения плановых заданий также предлагается использовать соотношение фактически выполненных и запланированных на рассматриваемый период **объемов работ в натуральном измерении**:

$$y_{ij} = \frac{1}{K} \times \sum_{k=1}^K \left(\frac{V_{k,ij}^{\text{факт}}}{V_{k,ij}^{\text{план}}} \times \alpha_{k,ij} \right) \times 100 \% \quad (7)$$

где $V_{k,ij}^{\text{факт}}$ - фактически выполненный j -м подразделением в i -м периоде объем k -й работы ($k = \overline{1, K}$), нат. ед.;

$V_{k,ij}^{\text{план}}$ - запланированный для j -го подразделения на i -й период объем k -й работы, нат. ед.;

$\alpha_{k,ij}$ - коэффициент, учитывающий весомость k -й работы в общем наборе работ j -го подразделения на i -й период.

Коэффициент весомости k -й работы $\alpha_{k,ij}$ предлагается рассчитывать по формуле:

$$\alpha_{k,ij} = \frac{3T_{k,ij}^{\text{см}}}{\sum_{k=1}^K 3T_{k,ij}^{\text{см}}}, \quad (8)$$

где $3T_{k,ij}^{\text{см}}$ - сметные затраты труда, соответствующие плановому объему k -й работы для j -го подразделения на i -й период.

Сметные затраты труда рассчитываются по формуле (5) с использованием сметных норм времени и планового объема работ.

Недостатком этого метода является то, что значение $3T_{k,ij}^{\text{см}}$ также зависит от обособленности норм времени, H_k . Но в отличие от метода, основанного на соотношении затрат труда, здесь не требуется сбор статистических данных, вся информация содержится в недельно-суточных планах, включая данные о фактическом выполнении объемов работ.

Принятие оптимальных плановых решений связано с анализом большого объема информации и принятием решений, как правило, в сжатые сроки. Повышению эффективности работы системы на этапе разработки недельно-суточных планов может содействовать использование вариантного планирования, разработка и применение алгоритмов действий в наиболее типичных ситуациях при возникновении отклонений от месячных планов, то есть внедрение системы поддержки принятия решений.

Выводы

1. Система планирования ОАО «Строительный трест № 8» в целом соответствует основным принципам планирования: системности, непрерывности, гибкости, участия, выполнимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузырев В.В. Планирование на строительном предприятии: Учеб. пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 336 с.
2. Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства // «Республиканская строительная газета». – 2007. – 17 авг. – С. 5.

УДК 681.51 (075.8)

Прожижко О.Г.

Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЛЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ДОМ»

Термин «intelligent building» появился в начале 80-х годов и означает систему, которая должна уметь распознавать конкретные ситуации, происходящие в здании, и соответствующим образом на них реагировать [1].

На сегодняшний день известны три принципиальные технологии создания «умного дома»: централизованная (Crestron, AMX), смешанная или псевдодецентрализованная (EIB) и децентрализованная (X-10) системы.

Централизованная система дистанционного управления и контроля имеет единое ядро. Различные компоненты системы имеют свои микроконтроллеры, но программа взаимодействия находится в одном – главном. От главного контроллера сигналы управления могут идти к исполнителям по различным каналам [2]. Такие системы могут контролировать освещение, вентиляцию, климат, видеонаблюдение, охрану и т.д. При этом управление осуществляется дистанционно из любой точки помещения через радио- и инфракрасные пульты, проводные и беспроводные кнопочные панели, сенсорные экраны [3]. Этот вариант очень удобен, так как предполагает отсутствие проводов, но при этом требует значительных финансовых затрат. Недостатком такой системы является ограниченность дальности связи, радиосигналы могут плохо приниматься в помещении, а значит, такая система менее надежна.

Смешанная (псевдодецентрализованная) система имеет распределенное ядро, где каждый компонент содержит свой микроконтроллер. Передача сигналов управления осуществляется по специальному управляющему кабелю. Децентрализованное управление осуществлено в пределах устройств – являются ли они передатчиками или приемниками, они связываются друг с другом непосредственно, без иерархии или сетевого контролирующего устройства. Все устройства обмениваются информацией по общему каналу. Передача данных осуществляется последовательно в соответствии с протоколом шины, конфликты разрешаются расстановкой приоритетов сообщений. Сообщения получают все абоненты, но реагируют на него только те, которым оно адресовано. В случае успешной передачи каждый приемник подтверждает получение телеграммы. При отсутствии подтверждения передача повторяется. После трех неудачных попыток передача прекращается, а в запоминающем устройстве передатчика фиксируется информация о неисправности [4].

Важнейшая особенность децентрализованной системы заключается в том, что она не требует наличия центрального процессора, то есть имеет распределенное ядро. Каждый компонент реализован на отдельном процессоре, который работает независимо. Каждое устройство получает свой адрес, причем многие модули обладают собственной памятью и запоминают заданную программу действий. Технология данной системы позволяет передавать команды управления от контроллеров к модулям по обычным проводам сети питания 220В 50 Гц или при помощи инфракрасных или радиосигналов. Недостатком децентрализованной системы является невысокая скорость передачи команды, низкая помехозащищенность, невозможность оборудования большого объекта, из-за ограниченного адресного пространства, и небольшой ассортимент датчиков движения [5].

Для разработки наиболее универсального решения все системы автоматики «интеллектуального здания» по их функциональным особенностям и степени важности для жизнеобеспечения подразделяются на три уровня:

1. Уровень безопасности и жизнеобеспечения.

К нему можно отнести все системы, без которых невозможно функционирование здания: системы подачи электроэнергии, воды, газа, отвода канализации, а также системы аварийной сигнализации об утечках, пожарной и охранной сигнализации. Контроллер этого уровня имеет несколько дополнительных входов для приема сигналов аварий от систем других уровней автоматики.

2. Уровень инженерных систем.

К данному уровню можно отнести все системы, предназначенные для обеспечения условий жизни и комфорта (управление климатом, освещением и т.д.). Вывод информации о работе этих систем на пульт диспетчера не имеет смысла, так как при получении сигнала об аварии часто бывает просто невозможно провести срочные меры по ее устранению, например, невозможно попасть внутрь помещения. Но главная причина здесь кроется в другом – здесь, в принципе, не требуется оперативное вмешательство, так как перегоревшая лампочка или заклинившие жалюзи не так страшны, как, скажем, прорванная канализация. Поэтому при авариях инженерных систем единственное, что может сделать диспетчер, – оповестить о возникшей неприятности.

Сигналы аварий инженерных систем поступают на пульт диспетчера через контроллер уровня безопасности и жизнеобеспечения. Именно для этого в данном контроллере предусмотрено несколько дополнительных дискретных входов. Дискретные входы для связи различных уровней – наиболее универсальное решение. Дело в том, что в мире существует огромный выбор оборудования с различными интерфейсами, и предугадать, какое именно оборудование заказчик пожелает установить, очень сложно. Но в любом контроллере всегда можно реализовать дискретный (релейный) выход, сигнализирующий о возникшей аварии.

3. Уровень коммуникаций и систем развлечения.

К данному уровню можно отнести все системы: аудио, видео, коммуникационные и прочие, аварии которых напрямую не влияют на работоспособность двух других уровней. Правда, по некоторым видам тревог эти системы могут быть связаны дискретными сигналами с контроллером первого уровня (безопасности и жизнеобеспечения). Состав оборудования уровня коммуникаций и систем развлечения практически всегда уникален и зависит от индивидуальных потребностей заказчика [6].

Особенность автоматизации промышленных зданий состоит в том, что энергопотребление самой системы может быть весьма значительным, и возникает задача повышения ее экономичности. Она может решаться за счет применения частотно-регулируемых приводов в системах вентиляции, кондиционирования и др.

Рассмотрим в качестве объекта автоматизации арматурный цех, в котором производятся сварочные работы. Данный вид работ требует обязательного наличия вентиляции для обеспечения допустимых метеорологических условий и чистоты воздуха в обслуживаемой зоне. Поскольку интенсивность сварочных процессов и выделение вредных веществ не постоянно, то производительность вентиляторов также необходимо изменять соответствующим образом с течением времени. При использовании нерегулируемых приводов они постоянно работают с максимальной производительностью. Регулируемый привод позволяет снижать производительность и, соответственно, потребляемую мощность при уменьшении вредных выделений. Такое регулирование работы вентиляторов позволит значительно сократить затраты на электроэнергию, годовую экономию которой можно рассчитать по следующим формулам:

1) определение относительной скорости вращения при снижении производительности вентилятора

$$\frac{Q}{Q_{ном}} = \frac{n}{n_{ном}} \quad (1)$$

$$n = \frac{Q}{Q_{\text{НОМ}}} \cdot n_{\text{НОМ}}, \quad (2)$$

где Q – фактическая производительность вентилятора, м³/ч;

$Q_{\text{НОМ}}$ – номинальная производительность вентилятора при заданном давлении, м³/ч;

2) определение мощности на валу вентилятора при работе на сниженной производительности

$$\frac{N}{N_{\text{НОМ}}} = \frac{n^3}{n_{\text{НОМ}}^3} \quad (3)$$

$$N = N_{\text{НОМ}} \cdot \frac{n^3}{n_{\text{НОМ}}^3}, \quad (4)$$

где $N_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность на валу вентилятора, кВт;

n – обороты электродвигателя при работе на пониженной производительности, об/мин;

$n_{\text{НОМ}}$ – номинальные обороты электродвигателя, об/мин;

3) годовой расход электроэнергии при работе вентилятора с номинальной скоростью

$$W_H = N_{\text{НОМ}} \cdot T \cdot K_u, \quad \text{кВт}\cdot\text{ч}, \quad (5)$$

где T – количество часов работы, ч;

K_u – коэффициент использования.

4) годовой расход электроэнергии при работе вентилятора с регулируемым электроприводом

$$W = N \cdot T \cdot K_u, \quad \text{кВт}\cdot\text{ч}, \quad (6)$$

где T – количество часов работы, ч;

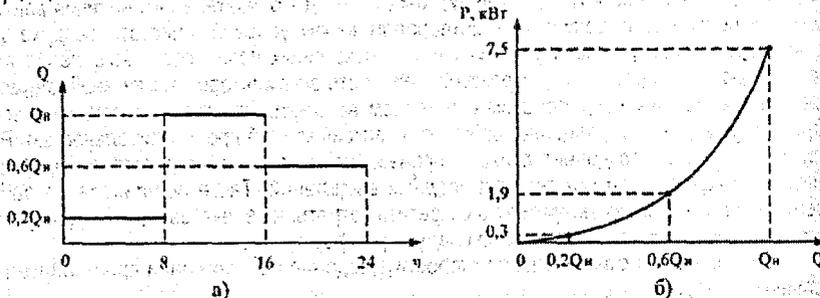
K_u – коэффициент использования.

5) годовая экономия электроэнергии при работе вентилятора с регулируемым электроприводом по сравнению с вентилятором с обычным электроприводом

$$\Delta W = W_H - W, \quad \text{кВт}\cdot\text{ч} \quad (7)$$

Эффективность частотного регулирования скорости покажем на примере управления двигателем вентилятора номинальной мощностью $P_H = 7,5$ кВт. Зависимость производительности вентилятора от времени суток представлена на рис. 1,а, а зависимость потребляемой двигателем мощности от требуемой производительности – на рис. 1,б.

Рассчитаем, на сколько уменьшатся затраты электроэнергии за сутки ($T=24$ ч), если коэффициент использования $K_u=1$.



а) производительности вентилятора от времени суток;

б) потребляемой мощности двигателя от требуемой производительности

Рис. 1 График зависимости

При обычном режиме работы вентилятора (без частотного преобразователя), потребляемая электроэнергия

$$W_n = 7,5 \cdot 24 \cdot 1 = 180 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

При использовании частотного преобразователя

$$W = 0,3 \cdot 8 \cdot 1 + 7,5 \cdot 8 \cdot 1 + 1,9 \cdot 8 \cdot 1 = 77,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Следовательно, экономия электроэнергии за сутки составит

$$\Delta W = 180 - 77,6 = 102,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

что соответствует снижению энергопотребления примерно на 40%.

Таким образом, проведенный расчет подтверждает экономическую целесообразность использования в схеме управления двигателем частотного преобразователя. В системах обеспечения промышленных зданий, где мощность установленного оборудования достаточно велика, использование указанных средств особенно актуально.

Итак, современный подход к проектированию систем обеспечения жилых и промышленных зданий в рамках концепции «Интеллектуальный дом» заключается в обеспечении комфорта, безопасности и рационального энергопотребления за счет автоматизированного управления всеми системами обеспечения [7]. В данной работе показано, что одним из путей повышения эффективности работы данных систем является применение регулируемых приводов на основе преобразователей частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жиленков Н. «Умный дом» – перспективы развития. // Современные технологии автоматизации. 2005. №1 – с. 60-63.
2. Системы «Умный дом». Обзор систем: Crestron, Instabus EIB, X-10 [электронный ресурс]. – Режим доступа: www.crestron-home.ru; свободно.
3. Система «Умный дом X-10» – автоматизация помещений и зданий [электронный ресурс]. – Режим доступа: www.umd.com-ufa.ru; свободно.
4. Технологии EIB в России [электронный ресурс]. – Режим доступа: www.eiba.ru; свободно.
5. Система «Умный дом X-10» – автоматизация помещений и зданий [электронный ресурс]. – Режим доступа: www.x-10.ru; свободно.
6. Жиленков Н. Умные деревни. // Современные технологии автоматизации. 2006. №4 – с. 20-24.
7. Волков Д., Швецов Д. Интеллектуальный мир коттеджей. // Современные технологии автоматизации. 2007. №4 – с. 40-44.

УДК 681.51 (075.8)

Гурда А. А.

Научный руководитель: доцент Прокопеня О. Н.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ЗА СЧЁТ УЧЁТА ВЛАЖНОСТИ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Целью настоящей работы является привлечение внимания к проблеме повышения качества бетонных смесей и растворов за счёт учёта влажности исходных компонентов. Бетон является наиболее часто используемым в строительстве материалом. Область его применения увеличивается с каждым днем. Постоянно растет потребность в качественном продукте. Качество бетона в конструкции всегда связано с качеством бетонной смеси. Качество цемента и заполнителей, приемы перемешивания, транспортирования и уплотнения бетонной смеси, отличающиеся большим разнообразием, могут вызвать

ее неоднородность (каждое из них или в комбинации), по-разному отражающуюся на технических свойствах бетона. Например, расслоение излишне пластичной смеси при вибрировании создает неоднородность в цементном камне и в определенной степени способствует неравномерному распределению заполнителей в теле бетона.

Чтобы достичь требуемых конечных свойств бетона, необходима особая точность при его изготовлении. Данную проблему можно решить с помощью автоматизации дозирования жидких и сыпучих материалов – одно из главных направлений технического прогресса. В связи с развитием автоматики появилась возможность освободить человека от непосредственного участия в производственном процессе. При автоматизации машины уже не только заменяют физический труд человека, но и выполняют функции управления производством. При этом процессы получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов и информации производятся автоматически.

Автоматизация производства подготовлена всем предыдущим развитием науки, техники, технологии и является закономерным продолжением механизации производственных процессов. В то же время автоматизация – это качественно новый этап развития производства. В результате автоматизации увеличивается производительность оборудования, снижается себестоимость, сокращается брак и повышается безопасность работы, улучшается санитарное состояние цехов и т.д. Непрерывный автоматический контроль и регулирование дозирования материалов имеет большое значение при автоматизации производства. Разработан и испытан широкий спектр средств автоматизации, которые в настоящее время эффективно внедряются на различных промышленных предприятиях.[1]

Однако в большинстве случаев при установке автоматизированных систем предприятия лишь делают упор на автоматизации весового дозирования, а ведь качество бетонной смеси зависит не только от правильной дозировки компонентов, но и от их характеристик. Именно поэтому так важно соблюдать предписанное рецептурой количество минеральных добавок, цемента и воды. Избыточная влажность заполнителей отрицательно повлияет на качество бетона. Без установки системы контроля влажности соблюдать предписанную рецептуру практически невозможно. Если летом на предприятиях вопрос о влажности песка ещё не стоит так остро, то в холодную пору года, лаборатории предприятий постоянно надо производить контроль влажности песка, чтобы своевременно вносить поправки в рецептуру для сохранения необходимого качества бетонной смеси.

В наше время современные технологии дают широкие возможности измерения влажности материалов. В нашем случае измерение влажности песка подразумевает измерение состава смеси песок – вода. Для измерения состава вещества применяются следующие методы [2]:

1) электрохимические

➤ кондуктометрический метод

➤ потенциометрический метод

➤ кулонометрический метод

➤ полярографический метод

2) спектрометрические

➤ электроакустический метод

➤ ультразвуковой метод

➤ радиоспектрометрический метод

➤ электрооптический метод

➤ радиоактивный метод

➤ микроволновый метод

3) ёмкостный

Однако в современных системах контроля влажности широкое применение находит микроволновый метод. При измерении кондуктометрическим методом необходимы датчики высокой чувствительности и точности, к тому же при данном методе через контролируемый материал протекает ток, что может вызвать аварийную ситуацию или вызвать травму на производстве. На датчик влажности при емкостном методе также подается напряжение, что ограничивает его применение.

Российские производители для измерения влажности выпускают СВЧ-влажномеры [3], которые используются для оперативного измерения влажности материалов в транспортных потоках в различных условиях измерения: на конвейерной ленте, в весовом дозаторе и т.д. Прибор представляет собой микроволновый влагомер, построенный на основе техники сантиметрового диапазона волн, что обеспечивает чрезвычайно низкую чувствительность прибора к температуре материала, содержанию солей и примесей. Принцип действия влагомера основан на измерении величины поглощения СВЧ энергии влажным материалом и преобразовании этой величины в цифровой код, соответствующий влажности материала. Прибор выполнен из стойких к истиранию и коррозии материалов, имеет шину связи с компьютером и управляется микропроцессором. Влагомер обеспечивает автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет токовый выход и последовательный канал связи с ЭВМ RS-485. Сигнал сенсоров поступает в микропроцессорный блок обработки, в котором происходит вычисление влажности. Величина влажности показывается на индикаторном табло микропроцессорного блока и преобразуется в аналоговые выходы 4-20 мА и 0-5 В. По каналу RS-485 влажность, температура и сигналы сенсоров могут передаваться в компьютер. Точность измерения влажности от 0,15% до 1% в зависимости от диапазона влажности.

Для измерения влажности в условиях бетоносмесительного узла оптимальным будет применение бункерного поточного влагомера *MICRORADAR 113B* (рис. 1).

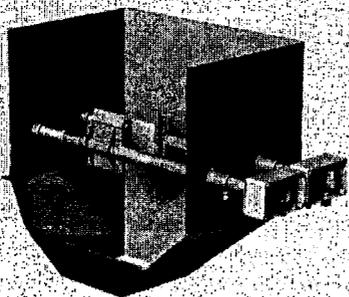


Рис. 1. Установка прибора в бункер

С учетом использования данного прибора можно построить систему автоматизации (рис. 2), которая будет оперативно измерять влажность песка и производить коррекцию количества дозируемой воды.

Таким образом, для отечественных предприятий, на которых в большинстве случаев не обеспечиваются надлежащие условия хранения исходных компонентов; учет исходной влажности является необходимым условием получения качественной бетонной смеси. Проведенный анализ показал, что в настоящее время существуют средства контроля влажности сыпучих материалов непосредственно в бункере дозатора. На их основе разработана функциональная схема системы автоматизации процесса дозирования, которая может быть применена на бетоносмесительных узлах отечественных предприятий строительной отрасли.

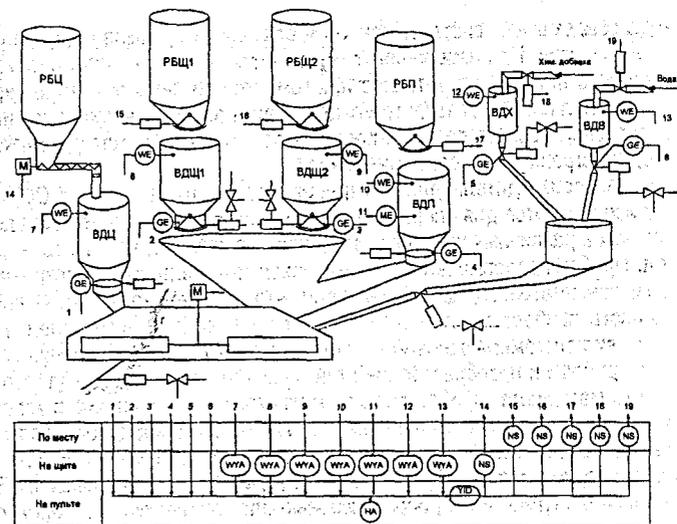


Рис. 2. Функциональная схема системы автоматизации с применением прибора контроля влажности

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Снежков Д.Ю., Леонович С.И., "Автоматизация процессов в строительстве". – Минск, технопринт, 2003.
- 2) Келим Ю.М. "Электромеханические и магнитные элементы систем автоматики". – Москва: Высшая школа, 1991.
- 3) ООО "МИКРОРАДАР-СЕРВИС". <http://microradartest.com/sensors.htm>.

УДК 699.844.3

Беломесова Д.Ю.

Научные руководители: проф. Черноиван В.Н., доцент Сташевская Н.А.

К ОЦЕНКЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ УТЕПЛЕННЫХ НАРУЖНЫХ СТЕН

Сегодня проблема борьбы с шумом становится все более актуальной. Связано это с повышением требований к уровню комфортности жилых и производственных помещений, с одной стороны, и ростом транспортных потоков, увеличением количества развлекательных центров и др., с другой стороны.

Для защиты зданий от воздушного шума рекомендуется следующий комплекс мероприятий:

- градостроительные, включающие - зонирование территорий, строительство зданий-экранов нежилого назначения, устройство полос зеленых насаждений, выемок, кавальеров, стенок-экранов, тоннелей;
- планировочные, включающие - строительство зданий с внутренней планировкой, учитывающей ориентацию относительно источников шума;
- конструктивные, включающие - применение стеклопакетов и наружных ограждающих конструкций с повышенной изолирующей способностью во вновь возводимых зданиях.

Однако все вышеперечисленные мероприятия не учитывают такой важный фактор, как увеличение звукоизолирующей способности наружного стенового ограждения в построенных ранее зданиях.

В последние десять лет в Республике Беларусь выполнен большой объем работ по утеплению фасадов эксплуатируемых зданий. Основным конструктивным решением (около 80% объема) утепления наружных стен является «Термошуба» [1]. В качестве теплоизоляционного слоя в «Термошубе» применяют минераловатные плиты и плитный пенополистирол марки ПСБ-С.

Анализ литературных источников показал, что исследования по оценке изоляции воздушного шума наружного стенового ограждения, утепленного по методу «Термошуба» с использованием различных типов плитных утеплителей, не выполнялись. Учитывая, что тепловая изоляция ограждающих конструкций выполняется для эксплуатируемых жилых зданий, расположенных в местах массовой застройки, актуальными являются исследования по оценке изоляции воздушного шума наружного стенового ограждения, утепленного по методу «Термошуба».

Основной задачей проведенных исследований являлась оценка влияния воздушного шума на изоляционные характеристики наружного стенового ограждения в зависимости от типа плитного утеплителя (минераловатный или полистирольный).

Исследования проводились в полном соответствии с ГОСТ 23337 [2] на воздействие непостоянного шума. Для проведения лабораторных исследований была изготовлена установка, моделирующая жилое помещение.

Исследования проводились для следующих типов образцов:

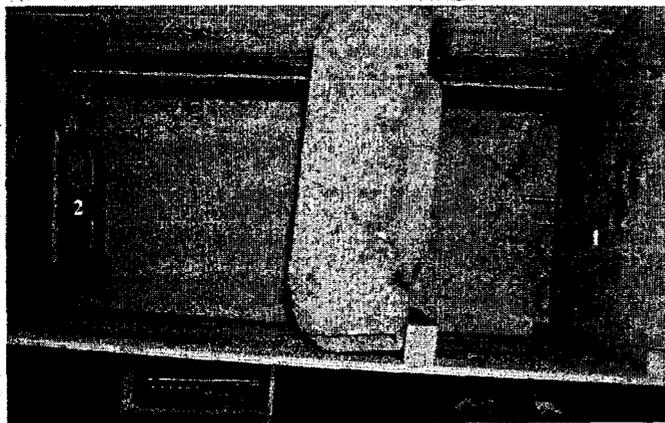
а) тип 1 - бетонная стеновая панель НС12 толщиной 120 мм, изготовленная КУП «Брестжилстрой» завода КПД-2 (рис.1);

б) тип 2 - минераловатная плита торговой марки «Белтеп» (производитель ОАО «Гомельстройматериалы») плотностью 150 кг/м^3 , толщиной 50 мм, установленная без зазора перед бетонной стеновой панелью толщиной 120 мм (рис.2);

в) тип 3 - пенополистирольная плита марки ПСБ-С, выполненная по ГОСТ 15588-86 толщиной 50 мм, которая без зазора установлена перед бетонной стеновой панелью толщиной 120 мм (рис.3).

Результаты исследования конструкции типа 1 приведены в табл.1.

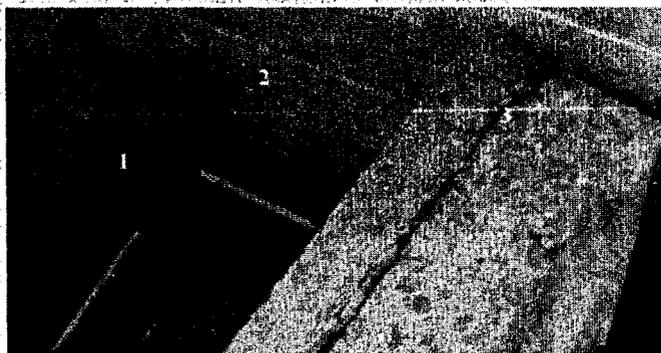
Аналогичным образом проводились измерения звукоизоляционных характеристик конструкций типа 2 (рис.2) и типа 3 (рис.3). Результаты исследований приведены в табл.2 и табл.3 соответственно для конструкций типа 2 и типа 3.



1 - измерительный микрофон шумомера; 2 - звуковые колонки; 3 - испытываемая бетонная стеновая панель
Рис. 1. Исследования звукоизоляции бетонной стеновой панели толщиной 120 мм

Табл.1. Звукоизоляционные характеристики бетонной стеновой панели

№ п/п	Зафиксированный уровень шума от источника, дБА	Уровень шума, зафиксированный измерительным микрофоном, дБА	Фактическая изоляция шума ограждением, дБА
1	91,8	86,2	8,3
2	96,9	87,7	
3	96,4	86,1	



1 - звуковые колонки; 2 - минераловатная плита; 3 - бетонная стеновая панель
Рис. 2. Исследования звукоизоляции многослойной конструкции типа 2

Табл.2. Звукоизоляционные характеристики многослойного ограждения с минераловатной плитой.

№ п/п	Зафиксированный уровень шума от источника, дБА	Уровень шума, зафиксированный измерительным микрофоном, дБА	Фактическая изоляция шума ограждением, дБА
1	91,8	74,5	19,1
2	96,9	75,6	
3	96,4	77,6	



1 - звуковые колонки; 2 - плита пенополистирольная; 3 - бетонная стеновая панель
Рис. 3. Исследования звукоизоляции многослойной конструкции типа 3

Табл.3. Звукоизоляционные характеристики многослойного ограждения с пенополистирольной плитой

№ п/п	Зафиксированный уровень шума от источника, дБА	Уровень шума, зафиксированный измерительным микрофоном, дБА	Фактическая изоляция шума ограждением, дБА
1	91,8	79,1	14,2
2	96,9	83,5	
3	96,4	79,9	

Сравнительный анализ звукоизоляционных характеристик исследуемых конструктивных решений утепления наружных стен выполнен с использованием коэффициента звукопроводимости.

Коэффициент звукопроводимости рассчитывается по выражению:

$$\tau = \frac{E_{\text{прош}}}{E}$$

где $E_{\text{прош}}$ - уровень шума, прошедший через ограждение,

E - уровень шума, воздействующий на ограждение.

Вычисленные значения коэффициента звукопроводимости составляют:

- бетонная стеновая панель толщиной 120 мм (тип 1) $\tau = 0,91$;
- многослойное ограждение с минераловатной плитой (тип 2) $\tau = 0,80$;
- многослойное ограждение с полистирольной плитой (тип 3) $\tau = 0,85$.

Данные, полученные в результате расчета коэффициента звукопроводимости, приведены на рис.4.

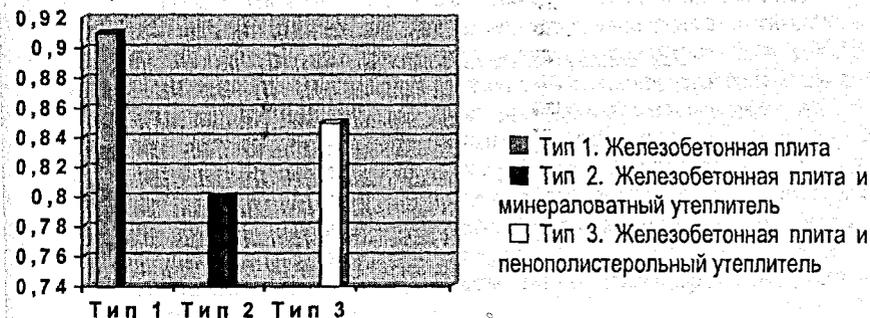


Рис.4. Коэффициент звукопроводимости конструкций типа 1, типа 2, типа 3

Анализ результатов выполненных исследований позволяет сделать следующие выводы. Наибольшими звукоизолирующими способностями защиты от воздушного шума обладает конструктивное решение утепления фасадов по методу «Термошуба» с использованием минераловатных плит.

Следовательно, для утепления фасадов эксплуатируемых зданий по методу «Термошуба» целесообразно стены, выходящие на территории с повышенным уровнем воздушного шума (автомобильные и ж/д дороги, спортивные площадки и др.), утеплять минераловатными плитами.

ЛИТЕРАТУРА

1. ПЗ -2000 к СНиП 3.03.01-87. Проектирование и устройство тепловой изоляции ограждающих конструкций жилых зданий. - Мн, 2000.
2. ГОСТ 23337-78. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий.

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И
ВОЗДУХОВОДНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЧЁТА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Проблемы, связанные с обеспечением устойчивого и экологически безопасного развития общества находятся в центре внимания специалистов по экономике природопользования в течение как минимум последних двух десятилетий. При этом в последние годы особое внимание уделяется системным вопросам, которые касаются не только снижения негативного воздействия конкретных производств и отраслей на окружающую среду, но и правильности учёта тех или иных объектов бухгалтерского учёта, с целью предотвращения негативных воздействий на окружающую среду. Основной проблемой экологического учёта является несовершенство действующего законодательства по бухгалтерскому учёту, а именно:

- ✓ экологические аспекты при регулировании бухгалтерского учёта и отчетности выражены слабо и бессистемно;
- ✓ нет разъяснений учетной терминологии в области охраны окружающей среды;
- ✓ отсутствует комплексная методика отражения экологических аспектов в учете;
- ✓ требования к раскрытию в отчетности экологической информации минимальны.

Таким образом, для повышения эффективности природопользования и снижения негативного воздействия на окружающую среду необходимо системно рассматривать объекты экологического учёта, которыми являются экологические активы и экологические пассивы.

В экономической литературе не существует единого определения экологических активов. В связи с этим предлагаем под экологическими активами понимать ресурсы, произведенные природной средой, использование которых приведёт к получению экономических выгод его собственникам, а также расходы на снижение экологического ущерба, причиняемого субъектом хозяйствования окружающей среде.

Недостатком отечественного бухгалтерского учёта является то, что он не даёт полной информации о наличии экологических активов и природоохранных ресурсов, которые необходимы для чёткого и структурированного ведения бухгалтерского учёта, а также для их оценки и документального оформления.

Для целей экологического учёта экологические активы целесообразно разделить на следующие группы:

1) Объекты природопользования:

- земля;
- водные ресурсы;
- месторождения природных ископаемых;
- лесные ресурсы;
- зеленые насаждения;
- рекультивация земель.

2) Объекты природоохранного назначения.

3) Биологические активы.

4) Отходы производства.

5) Экологические расходы:

- возмещение экологического ущерба (экологический налог);

- *платежи за землю;*
- *расходы на экологическое качество;*
- *содержание объектов природопользования;*
- *содержание объектов природоохранного назначения.*

Отдельной группой в классификации выделены **биологические активы**, под которыми понимают активы в виде животного или растения, созданного в результате прошлых биологических процессов, и от которого можно получить экономические выгоды в форме сельскохозяйственной продукции, дополнительных биологических активов, оказанных услуг, денежных средств или других активов. В РБ данная группа активов не выделяется, а в международной практике существует МСБУ-41 «Сельское хозяйство», подразумевающий управление биотрансформацией растений и животных (называемых обобщённо «биологические активы»).

Экологические расходы представлены в классификации в разрезе их назначения. Недостатком отечественного бухгалтерского учёта является то, что он не даёт полной информации о наличии и состоянии экологических активов и природоохранных расходов, которые необходимы для чёткого и структурированного ведения бухгалтерского учёта. Данные недостатки вызваны:

- 1) отсутствием обоснованной экономической классификации экологических активов, так как многие из них даже не признаются объектами бухгалтерского учета (земельные участки, запасы полезных ископаемых, водные ресурсы и т.д.);
- 2) отсутствием системы комплексных показателей, позволяющих оценить наличие и состояние экологических активов (некоторые экологические активы находятся в собственности государства и не могут быть приобретены предприятием. Они могут быть предоставлены только во временное пользование. Плата за временное пользование взимается в виде сборов, арендной платы (за землю) и не отражает реальной оценки этих активов);
- 3) отсутствием в Типовом Платежном плане счетов бухгалтерского учета отдельных счетов или субсчетов для ведения аналитического учета данных активов.

Данное разделение и введение групп экологических активов позволит предприятиям вести более детализированный учёт, а также позволит приблизиться к ведению учёта в соответствии с международными стандартами бухгалтерскому учёту и отчётности.

Вторым экологическим объектом экологического учёта являются **экологические пассивы**, характеризующие обязательства по возмещению вреда окружающей среде, поддержание объектов природопользования в надлежащем состоянии и т.д.; которые возлагаются на субъект хозяйствования.

Для более эффективного ведения экологического учёта, классификацию экологических пассивов целесообразно представить следующим образом:

- 1) **обязательства по возмещению ущерба причиненного окружающей среде** (экологический налог, возмещение вреда, причиненного техногенными катастрофами):
 - в пределах утвержденных норм (включаются в себестоимость продукции (работ, услуг);
 - сверх норм (осуществляются за счет собственных средств предприятия);
- 2) **обязательства по поддержанию объектов природопользования в надлежащем состоянии**. Для равномерного включения в себестоимость данных расходов целесообразно создавать **экологический резерв** предстоящих расходов и платежей бухгалтерской записью: Д-т 20 «Основное производство», 25 «Общепроизводственные расходы», 26 «Общехозяйственные расходы», 44 «Издержки обращения» – К-т 89 «Резервы предстоящих расходов и платежей».

Необходимо отметить, что отдельной *проблемой* учёта экологических пассивов является сложность и трудоемкость расчета экологического налога за выбросы вредных веществ в окружающую среду от стационарных источников. Зачастую суммы налога очень малы и не оправдывают времени, потраченного на их расчет. В этой связи было бы целесообразно разработать перечень так называемых **экологических тарифов**, которые бы отражали степень причинения вреда окружающей среде. Степень причинения вреда целесообразно оценивать в ходе проведения обязательной аттестации рабочих мест на вредные условия труда.

Экологические тарифы должны быть установлены в процентах от себестоимости продукции работ, услуг. Предлагаемый порядок позволил бы упростить методику расчета данной части экологического налога и более адекватно оценить ущерб, причиняемый предприятием окружающей среде. Предлагаемая методика расчета экологического налога выглядит следующим образом:

*Сумма экологического налога = Себестоимость продукции (работ, услуг) * Экологический тариф, %*

Важность учета экологических активов и пассивов состоит в том, что информация о них позволит оценить экологическую активность предприятия, потенциальному инвестору принять правильные управленческие решения, а также определить рыночную стоимость предприятия (бизнеса). Учет экологических активов и пассивов в управленческом учете возможно вести в сравнении с плановыми показателями.

Для накопления информации об экологической деятельности предприятия целесообразно ввести дополнительные субсчета аналитического учета к счетам:

01 – 01/Э «Основные средства природоохранного назначения»

01/ЭП «Объекты природопользования»

02 – 02/Э «Амортизация основных средств природоохранного назначения»

07 – 07/Э «Оборудование природоохранного назначения»

08 – 08/Э «Вложения в экологические внеоборотные активы»

20 – 20/Э «Основное производство природоохранного назначения»

23 – 23/Э «Вспомогательное производство природоохранного назначения»

26 – 26/Э «Общехозяйственные расходы природоохранного назначения»

29 – 29/Э «Обслуживающие производства и хозяйства природоохранного назначения»

92 – 92/Э «Внерезультативные доходы и расходы природоохранного назначения»

Применение данных субсчетов позволит более полно раскрыть информацию об экологической активности предприятия. При незначительных объемах работ имеет смысл использовать только субсчета 01/Э, 02/Э, 07/Э, 20/Э, а остальные счета затрат можно не использовать.

Для группировки экологических расходов предлагается ввести специальный регистр бухгалтерского учета «Ведомость учёта экологических расходов», который позволит повысить аналитичность информации об экологической активности предприятия. Экологические расходы необходимо отражать в ведомости в разрезе **инвестиционных (расходы, связанные с приобретением, созданием, модернизацией объектов природопользования и природоохранного назначения) и текущих (затраты на содержание объектов природопользования и природоохранного назначения, а также возмещение ущерба, причиняемого природной среде) расходов.**

Заполнение данной ведомости производится ежемесячно, при этом итоги выводятся за месяц и накопительным итогом с начала года.

ВЕДОМОСТЬ УЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАСХОДОВ

за _____ месяц _____ года

Характеристика хозяйственной операции	ДЕБЕТ СЧЕТОВ								Сумма затрат за месяц	Сумма затрат с начала года
	08	20	23	26	29	92	96	99		
1. ИНВЕСТИЦИОННЫЕ РАСХОДЫ										
приобретение объектов природопользования										
приобретение объектов природоохранного назначения										
строительство объектов природоохранного назначения										
модернизация объектов природоохранного назначения										
2. ТЕКУЩИЕ РАСХОДЫ										
возмещение экологического ущерба										
платежи за землю										
расходы на экологическое качество										
содержание объектов природопользования										
содержание объектов природоохранного назначения										
ИТОГО										

Ведомость составил: _____ подпись _____ расшифровка подписи _____

Дата составления: _____ г.

Таким образом, проведенное исследование позволило сделать следующие **выводы**:

1) существует объективная необходимость расширения объектов бухгалтерского учёта и пересмотра классификации активов предприятия с целью ведения экологического учёта;

2) для повышения аналитичности бухгалтерской информации необходимо ввести в рамках управленческого учёта дополнительные субсчета для отражения взаимодействия предприятия с экологической средой, а также разработать специальный регистр бухгалтерского учета.

Предложенная методика позволит оценить инвестиционную привлекательность и экологическую активность предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гирусов Э.В., Лопатин В.Н. Экология и экономика природопользования. – М.: 2002.
2. Чапек В.Н. Экономика природопользования. – М.: 2000.
3. Шимова О.С., Соколовский Н.К. Основы экономики природопользования. – Мн.: 1995.
4. Рябчиков А.К. Экономика природопользования. – М.: 2002.
5. Лукьянчиков Н.Н., Потравный И.М. Экономика и организация природопользования. – М.: 2002.

ПРОБЛЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящее время производство переориентируется на материалосберегающие технологии, более полно использующие сырье и топливо и исключающие загрязнение окружающей среды. Наряду с созданием принципиально новых технологий важно найти и пути преодоления экологически негативных последствий.

Одна из важнейших проблем современного этапа развития производства – необходимость создания надежных заслонов, исключающих проникновение промышленных отходов в природную гидросферу. Серьезную опасность загрязнению водоемов представляют и синтетические красители, широко применяющиеся в текстильной промышленности.

В большинстве технологических операций по производству и применению синтетических красителей образуются загрязненные сточные воды, характерной особенностью которых является их интенсивная окраска. Наряду с красителями, окрашенные сточные воды содержат и другие сопутствующие органические и минеральные загрязнения. Это, в первую очередь: поверхностно-активные и текстильно-вспомогательные вещества (ПАВ и ТВВ) в сточных водах красильно-отделочных производств; ароматические углеводороды, органические и минеральные кислоты, хлориды, сульфаты, ионы тяжелых металлов – в сточных водах производств красителей. Такое разнообразие содержащихся ингредиентов, которые в большинстве своем являются токсичными и биохимически трудноокисляемыми, обуславливает чрезвычайную сложность обезвреживания данной категории промышленных сточных вод [1].

Целью настоящей работы было изучить проблемы очистки сточных вод предприятий текстильной промышленности и выполнить анализ современных методов очистки сточных вод от красителей.

Результаты химического анализа сбрасываемых сточных вод, а также сравнение с предельно-допустимыми концентрациями веществ (ПДК) предприятий текстильной промышленности приведены в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав сбрасываемых сточных вод, ПДК компонентов при сбросе в городскую канализацию

Показатель	Единица измерения	Концентрации компонентов			
		Основной поток	Поток активного крашения	ПДК	Требуемое качество воды
Взв. вещества	мг/л	150...300	1300...1500	500	не более 8
pH		9,5...10,5	10,5...12	6,5...8,5	6,5...8
Температура	°С	35	30	6...30	
Сухой остаток	мг/л	1070...1420	72570...74600	1500	
Хлориды	мг/л	100...120	36000...36800	700	
Сульфаты	мг/л	-	-	300	
СПАВ	мг/л	100...200*	-	20	
Нефтепродукты	мг/л	-	-	3,5	
Железо	мг/л	3...4	3...4	3,0	не более 1,0
ХПК	мг О ₂ /л	350...450	1500...2000	340	не более 10
Окисляемость перманганатная	мг О ₂ /л	30...50	200...400		
Краситель	мг/л	60...70**	1500...2000**	1:5	

Примечание: * - преобладает неогеновый СПАВ;

** - преобладают органические красители.

По табл. 1 можно сделать вывод, что основные загрязняющие компоненты сточных вод предприятий текстильной промышленности - хлориды, СПАВ и красители. Такой состав сточных вод обуславливает сложную очистку.

Все известные методы физико-химической очистки сточных вод, содержащих красители, СПАВ и др. сопутствующие загрязнения, можно разделить на три основные группы рис. 1 [2,3].

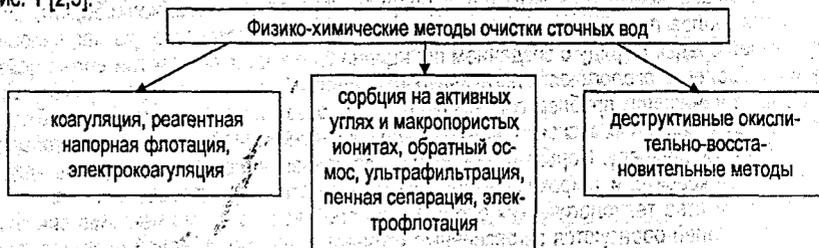


Рис. 1 Структура физико-химических методов очистки воды

Первая группа методов обеспечивает извлечения загрязнений переводом их в осадок или флотошлам путем сорбции на хлопьях гидроксидов металлов, образующихся при обработке стоков. Недостатки: невысокая степень очистки, особенно по обесцвечиванию; необходимость эмпирического подбора реагентов и материала электродов, что усложняет обработку сточных вод с изменяющимся составом и создает трудности при автоматизации процессов; образование значительного количества влажных осадков или флотошлама и необходимость в дополнительных сооружениях для их складирования или захоронения.

Методы *второй группы*, исключая последние два, обеспечивают высокую степень очистки, но перед их применением необходима предварительная механохимическая обработка для удаления нерастворимых примесей, что влечет за собой все недостатки, присущие первой группе.

Третья группа объединяет методы, вызывающие глубокие превращения органических соединений. Эти методы имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с рассмотренными выше. В первую очередь, это их высокая эффективность и технологичность, компактность, простота автоматизации и управления. В большинстве случаев при их реализации не образуются осадки, которые в виде хлоридных, сульфатных и прочих ионов получают при реагентной обработке. При деструктивной очистке органические красители расщепляются до более простых, легкоокисляемых органических продуктов или минеральных соединений, а ПАВ разрушаются с потерей поверхностно-активных свойств.

Из *деструктивных методов* наиболее широко применяют обработку сточных вод окислителями (озон, пероксид водорода, хлор), электрохимическое (обработка сточных вод на аппарате с нерастворимыми в условиях анодной поляризации электродами) или электрокаталитическое воздействия.

В литературе предложено много эффективных методов очистки стоков, содержащих красители:

- применение смеси полимерных коагулянтов, после этого воду можно использовать в технологическом процессе повторно (США);
- мембранные технологии для рекуперации красителей и очистки отработавших красильных растворов с их повторным использованием в технологическом процессе. При этом количество потребляемой свежей воды удается снизить на 70%, а коэффициент возврата красителей достигает 80...90%.

- для обесцвечивания и детоксикации красителей применяют восстановление, хлорирование и озонирование (Венгрия);
- осаждение неорганическими реагентами, флокуляцией полиэлектролитами и воз­духом, адсорбцией на коксе из бурого угля. Эффективность очистки по ХПК до 95% и очищенные воды повторно используют для технических нужд (Германия);
- коагуляция, адсорбция на активном угле (Италия, Индия);
- для интенсификации физико-химической очистки используют кислород воздуха;
- обработка сточных вод озонотом перед коагуляцией позволяет значительно увели­чить эффект очистки. Присутствие взвешенных веществ вызывает перерасход озона, поэтому эффективно сочетать озонирование с ультрафиолетовым или инфракрасным облучением, предварительным отстаиванием и коагулированием;
- фильтрация через активный уголь. Ионная форма удаляется полностью, дис­персная – частично. Необходимо предварительное снижение ХПК до 200 мг/л;
- электрохимический метод: графитовый анод и катод из нержавеющей стали. Эф­фект очистки составляет 87...89%;
- наиболее распространенным способом очистки сточных вод текстильных произ­водств является биохимический. Требуется меньших капитальных затрат и обеспечивает высокую степень очистки. Сравнительный анализ показывает, что наиболее эффекти­вен при условии предварительного извлечения из сточных вод веществ, ингибирующих биохимические процессы, непосредственная обработка стоков активным илом с после­дующей коагуляцией взвешенных веществ и отстаиванием, а также доочисткой на ак­тивных углях или озонотом.

Текстильная промышленность все больше основывается на технологиях, которые исключают нанесения вреда окружающей среде. Осуществляются различные системы механической фильтрации (обезжелезивания, осветления), технологии ионного обмена (деминерализация и умягчение) а также мембранные технологии (ультрафильтрация и обратный осмос).

Все больше внимания уделяется поиску новых перспективных методов очистки во­ды, более компактных, дешевых, простых в эксплуатации по сравнению с традиционны­ми. Мембранные станции очистки различных продуктов, работают по методу обратного осмоса, нанофильтрации, ультрафильтрации, микрофильтрации.

Ультрафильтрация – это баромембранный процесс, заключающийся в том, что жид­кость под давлением «продавливается» через полупроницаемую перегородку. Размер от­верстий (пор) ультрафильтрационных мембран лежит в пределах от 5 нм до 0,05...0,1 мкм. Главное отличие мембраной фильтрации от обычного объемного фильтрования в том, что подавляющее большинство всех задерживаемых веществ накапливается на поверх­ности мембраны, образуя дополнительный фильтрующий слой осадка, который облада­ет своим сопротивлением.

Применение мембранных технологий при очистке сточных вод текстильных произ­водств позволяет достичь не только высокой степени очистки, но и компактности очист­ных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глушко Я.М. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах / Я.М. Глушко // справочник 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 216 с.
2. Краснобородько И.Г. Деструктивная очистка сточных вод от красителей / И.Г. Краснобородько. – Л.: Химия, 1988. – 192 с.
3. Ефимов А.Я. Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности / А.Я. Ефимов, И.М. Твартикладзе, Л.И. Ткаченко. – К.: Техника, 1995.

УДК 556.13

Кривоблоцкий В.И.

Научный руководитель: профессор, д.г.н. Волчек А.А., ассистент Зубрицкая Т.Е.

ИЗМЕНЕНИЕ ИСПАРЕНИЯ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Исследование последствий прогнозируемого потепления климата является одной из главных проблем современной науки. Испарение с водной поверхности – одна из основных составляющих круговорота воды в природе и, следовательно, выступает чувствительным индикатором изменений большинства климатических факторов. Изменение скорости испарения серьезным образом повлияет на функционирование природных экосистем, что в свою очередь потребует пересмотра принципов и подходов в природопользовании.

Основу исследований составили многолетние ряды наблюдений за испарением с водной поверхности за период с 1952 по 2000 гг. по станции Василевичи и с 1972 по 2000 гг. по станции Полесская, полученные Республиканским гидрометеоцентром.

С помощью программного комплекса «Гидролог» получены основные статистические характеристики временных рядов наблюдений за испарением с водной поверхности в месячном разрезе и их обеспеченные величины (таблица).

Для определения коэффициента асимметрии с требуемой точностью необходим ряд наблюдений более 150 лет, поэтому для уточнения этого параметра использовался прием пространственно-временного объединения рядов. В результате были получены следующие величины коэффициентов асимметрии: $C_s^V=0,58$; $C_s^VI=0,61$; $C_s^{VII}=1,12$; $C_s^{VIII}=0,23$; $C_s^X=0,09$; $C_s^X=0,25$; $C_s^{e.n.}=0,49$. При их моделировании использовалось два типа распределения: трехпараметрическое гамма-распределение и распределение Пирсона III типа. Как показали исследования, ряды наблюдений могут описываться обоими видами распределений, однако, предпочтение следует отдавать распределению Пирсона III типа, которое в большинстве случаев лучше аппроксимирует эмпирические точки распределения испарения.

Временной ход колебаний испарения отслеживался с помощью хронологических графиков, разностных интегральных кривых. На рисунке 1 приведены разностные интегральные кривые испарения с водной поверхности по метеостанциям Василевичи и Полесская в разрезе вегетационного периода.

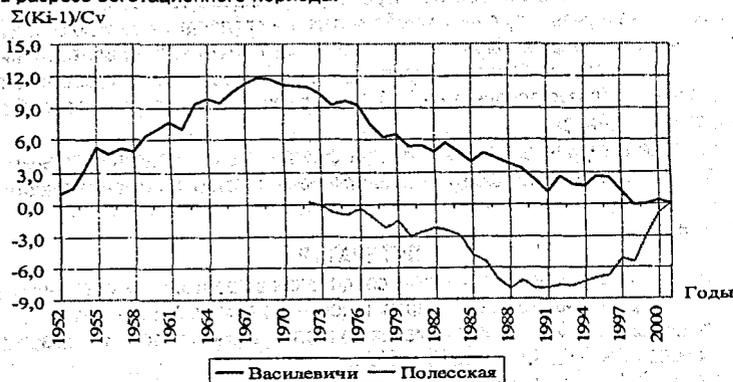


Рис. 1 Разностные интегральные кривые испарения с водной поверхности по метеостанциям Василевичи, Полесская за вегетационный период

Значение величин испарения с водной поверхности на территории Белорусского Полесья

Интервал осреднения	Средняя величина, мм	Минимальное значение, мм/год	Максимальное значение, мм/год	Коэффициент вариации	Коэффициент асимметрии	Число лет наблюдений	Обеспеченные величины, мм						
							5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Метеостанция Василевичи													
Май	100,0±2,2	57 1991	144 1954	0,16	-0,1	50	125	119,9	110,9	100,5	89,8	79,5	73,2
Июнь	106,6±3,4	68 1997	168 1964	0,23	0,65	50	152,8	140,4	121,6	104,0	89,2	78,3	73,1
Июль	106,7±3,6	72 1993	171 1959	0,24	0,57	50	155,8	142,6	122,7	104,0	88,3	76,7	71,2
Август	94,2±3,0	48 1977	157 1992	0,23	0,8	50	136,3	124,4	106,9	91,2	78,6	69,8	65,6
Сентябрь	60,4±2,7	42 1980	91 1983	0,21	0,72	50	84,9	77,8	67,6	58,3	50,9	45,7	43,2
Октябрь	32,4±0,7	23 1977	44 1958	0,16	0,08	50	41,0	39,1	35,9	32,4	28,9	25,8	23,9
Вегетационный период (май – сентябрь)	500,3±10	353 1977	688 1963	0,15	0,44	50	635	599,8	545,9	492,8	446,4	410,5	391,8
Метеостанция Полесская													
Май	90,0±3,9	61 1987	135 2000	0,19	0,58	30	123,7	114,8	101,2	88,5	77,7	69,8	66,1
Июнь	94,9±4,7	56 1985	156 2000	0,21	0,61	30	132,2	122,5	107,6	92,9	80,0	70,1	64,9
Июль	97,2±4,4	59 1990	171 1999	0,25	1,12	30	146,4	131,2	110,2	92,6	80,0	72,3	69,1
Август	88,8±3,8	61 1985	127 1999	0,19	0,23	30	119,2	111,7	99,8	87,6	76,5	67,5	62,5
Сентябрь	55,5±3,3	29 1990	83 1997	0,25	0,09	30	79,4	73,8	64,6	55,1	45,8	37,7	33,2
Октябрь	33,8±1,2	20 2001	48 1973	0,2	0,25	30	45,7	42,9	38,4	33,6	29,0	25,1	22,8
Вегетационный период (май – сентябрь)	460,2±16	336 1985	629 1999	0,14	0,49	30	579,9	548,6	500,8	453,6	412,4	380,5	363,9

Как видно из рисунка 1 прослеживается тенденция изменения испарения, причем эти процессы имеют разную направленность. Как по станции Василевичи, так и по станции Полесская с 70-х годов тенденции склонны к уменьшению испарения, которое вызвано уменьшением скорости ветра [1, 2], фактором, существенно влияющим на скорость испарения. Однако, начиная с 90-х годов, происходит расхождение по этим двум станциям. По станции Василевичи идет дальнейшее уменьшение испарения, а по станции Полесская явно прослеживается рост испарения с водной поверхности, что вероятней всего вызвано изменением климата, а именно повышением температуры.

Для выявления периодов колебаний и цикличности [3] использовались функции сглаживания с использованием скользящей средней арифметической по формуле:

$$\bar{E}_i = \frac{1}{T} \cdot \sum_{k=i-1}^{i+T-1} E_{i+k},$$

где \bar{E}_i – сглаженные колебания величин суммарного испарения; E_i – величины суммарного испарения ($i=1, 2, 3, \dots, n$); n – число членов ряда; T – интервал осреднения.

На рисунке 2 представлены хронологические функции скользящих средних суммарного испарения по метеостанциям Василевичи и Полесская за вегетационный период.

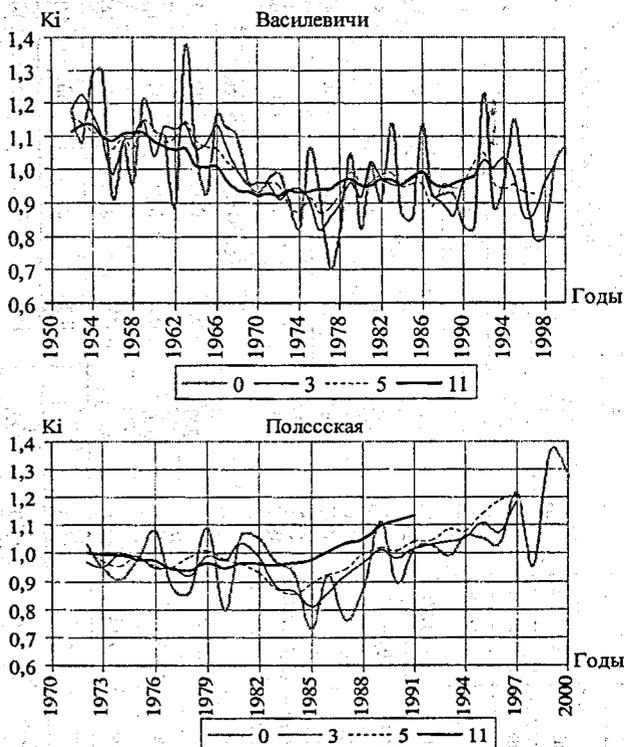


Рис. 2 Хронологические функции испарения с водной поверхности по метеостанциям Василевичи и Полесская за вегетационный период: 0 – хронологический ряд, 3 – период осреднения 3 года, 5 – период осреднения 5 лет, 11 – период осреднения 11 лет.

Как видно из рисунка 2, чем больше период сглаживания, тем больше уменьшается амплитуда высокочастотных колебаний и, следовательно, более четко представляется колебание низких частот, ясно виден период уменьшения стабилизации величины испарения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Мн.: институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.
2. Природная среда Беларуси / под ред. В.Ф. Логинова; ИАН Беларуси. Ин-т пробл. Использования природ. ресурсов и экологии: – Мн.: НОООО «БИП-С», 2002. 424 с.
3. Волчек, А.А. Водные ресурсы Брестской области / А.А. Волчек, М.Ю. Калинин. – Минск.: ин-т БГУ, 2002. – 440 с.

УДК 626.83.004.1

Громько О.В.

Научный руководитель: доцент Громик Н.В.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ КРУПНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Тип и конструкция здания насосной станции в основном зависит от способа соединения здания насосной станции с водозаборным сооружением (два отдельных сооружения или одно совмещенное), типа и конструкции насоса, режима водоисточника, характера грунтов и условий залегания грунтовой воды в месте расположения насосной станции и вида строительных материалов для здания насосной.

У всех вертикальных насосов отвод воды осуществляется через колено под углом 60° к оси вала и под углом 90° (так называемый малогабаритный). Подача этих насосов составляет от $0,072 \text{ м}^3/\text{с}$ до $42,0 \text{ м}^3/\text{с}$, напором от 2,5 м до 26 м.

Здания крупных насосных станций обычно «блочного» типа. В основании здания находится бетонный (армированный) блок, а в нем расположена водоотводящая труба, которая имеет криволинейную ось и переменное сечение от прямоугольного до круглого у входного патрубка насоса. В настоящее время форму трубы и условия сопряжения ее с входным патрубком насоса указывают в установочном чертеже насоса, поставляемого заводом-изготовителем. Иногда для того, чтобы уменьшить высоту водозаборного сооружения, всасывающую трубу выполняют наклонной к горизонту до 15° . Однако в этом случае ухудшается подвод воды к рабочему колесу, что в свою очередь ведет к неравномерной работе насоса. Всасывающая труба существенно влияет на размер блока, поэтому, чтобы уменьшить его размеры, всасывающую трубу «выносят» в водозаборное сооружение. Сам насос замоноличивают в бетон, оставляя лишь проемы для эксплуатационных и ремонтных работ. Такая установка насоса производится при диаметре рабочего колеса более 2-х метров.

Увеличением единичной производительности агрегатов и соответственно диаметра рабочего колеса насоса до (4-6) м целесообразно применять капсульные агрегаты, так как они более компактны, у них более высокий к.п.д., их применение сокращает габариты здания, в том числе длину на 20%, позволяет поднять подошву здания, уменьшить объем железобетона по зданию насосной станции на 15%. Однако на данном этапе капсульные агрегаты с таким диаметром рабочего колеса освоены лишь для ГЭС; а в качестве насосов не используются.

Для большой подачи и малого напора (5-10) м перспективны насосные станции с горизонтальными осевыми насосами, как сооруженные на канале Днепр-Донбасс (насос ОПГ-220Г) с подачей $20 \text{ м}^3/\text{с}$ и с напором (4,7-7,2) м, рис.4).

В зарубежной практике строительства насосных станций применяется наклонное расположение насоса. Такое расположение насоса применяют при неудовлетворительных условиях забора. И хотя в этом случае из-за уменьшения углов отводов уменьшаются гидравлические потери, упрощаются и удешевляются строительные конструкции, например, опорная плита, но этот вариант расположения насоса не является лучшим из-за неравномерности скоростей воды на входе в рабочее колесо. Кроме этого, необходимы специальные подшипники. В отечественном строительстве насосных станций наклонное расположение осевых насосов не нашло распространения.

Анализируя отечественный и зарубежный опыт, строительство насосных станций с напором до 25 м, как правило, основано на применении осевых насосов с вертикальным расположением вала. Однако с увеличением единичной подачи насоса растут его геометрические размеры, а это влечет за собой увеличение строительной части здания насосной станции. Так, высота блока насосного агрегата при диаметре рабочего колеса $D_1 = 2,6$ м достигает $H_6 > 8D_1$, а здания насосной станции — $H_{зд} > 16D_1$. Кроме этого, уменьшается надежность насоса из-за увеличения длины вала, вызывающей повышенную вибрацию, требуются дополнительные меры по ее снижению. В связи с этим, отечественной промышленностью выпускаются осевые насосы с предельным диаметром рабочего колеса $D_1 = 2,6$ м с подачей до 42 м³/с. Поэтому имеющиеся крупные насосные станции являются многоагрегатными. Так, например, Каховская насосная станция, общая подача которой составляет 530 м³/с, имеет 12 насосов типа ОПВ-260, два ОПВ-185 и два центробежных насоса типа В. Дальнейшее увеличение диаметра рабочего колеса вертикального осевого насоса с коленчатым отводом без принципиального изменения компоновки гидроагрегатного блока насосной станции сопряжено со значительными технологическими трудностями.

Компоновка блока насосной станции осевыми насосами с камерным отводом применена компанией США «Морган Смит», Пенсильвания, в 1957 году. Однако материалов по конструированию и проектированию таких насосных станций не дано, и сообщение носит рекламный характер.

Производя компоновку блока насосной станции вертикальными насосами с камерным отводом, мы сохраняем отработанную технологию монтажа насоса, кроме того, налаженное серийное производство вертикальных насосов не требует значительного переустройства технологических процессов при изготовлении насосов с $D_1 = 2,6$ м. Эксплуатация такой насосной станции гораздо проще по сравнению с компоновкой капсульными агрегатами.

Для сравнения расхода бетона, идущего на строительство блока насосной станции с различной компоновкой отвода, были проведены предварительные расчеты для четырех случаев: с капсульным агрегатом; с наклонным агрегатом, со спиральным отводом и с камерным отводом. Расчет проведен для насосов с диаметром рабочего колеса 5,0 м. Объем бетона определялся по внешнему обмеру блока и составил: для капсульного агрегата — 63 м³; для наклонного агрегата — 68 м³; для агрегата со спиральным отводом — 80 м³; для насоса с камерным отводом — 65 м³ (рис. 1).

Из полученных результатов видно, что объем бетона при камерной компоновке несколько больше, чем при капсульной, однако меньше, чем при агрегате со спиральным отводом и, естественно, при традиционном вертикальном. Поэтому и с учетом того, что эксплуатация насосной станции, оборудованной насосами с камерным отводом, гораздо проще по сравнению с капсульной, и рекомендуется применение компоновки насосной станции с камерным отводом (рис. 2).

Такая компоновка в корне меняет водопроводящий тракт насоса и соответственно к.п.д. отвода, который в свою очередь влияет на к.п.д. насоса.

Преобразование кинетической энергии потока после колеса в давление осуществляется в отводе, который в выпускаемых серийно осевых насосах состоит из направляющего аппарата и диффузора с колесом. В направляющем аппарате преобразуется в давление большая часть скоростного напора окружной составляющей скорости, а также и некоторая часть осевой скорости благодаря конусу внешней и внутренней стенок. В диффузоре после направляющего аппарата преобразуется в давление большая часть скоростного напора осевой составляющей скорости, а также и некоторая часть окружной скорости, оставшейся после направляющего аппарата.

Относительно большая величина скоростного напора после колеса в быстроходных насосах и расширение потока в отводе обуславливают значительные гидравлические потери в отводе. Поэтому для повышения эффективности осевого насоса форма отвода и его размеры должны быть такими, при которых гидравлические потери наименьшие в рекомендуемом режиме работы насоса.

Проведенные исследовательские работы по изучению отводов осевых насосов показали, что длина диффузора перед колесом должна составлять $l=1,4D_3$, так как изменения длины диффузора в пределах $l=(1,5 \dots 2,7)D_3$ (здесь D_3 — диаметр рабочего колеса) повышает к.п.д. насоса только на 3%, а размеры увеличиваются значительно. Угол расширения диффузора перед колесом в значительной степени влияет на к.п.д. отвода, так изменение угла конусности 2θ от 30° до 60° , коэффициент сопротивления отвода $\zeta_{отв.} = 0,25 \dots 0,35$, к.п.д. отвода снижается при этом на $(10 \dots 13)\%$. Наблюдается линейный характер изменения $\zeta_{отв.}$ от угла θ . В применяемых насосных установках $\zeta_{отв.} = 0,75 \dots 0,65$. Рекомендуемый угол конусности перед колесом должен составлять $2\theta = 80^\circ$.

При камерном отводе (рис. 1) колесо в отводе насоса отсутствует, и поток из диффузора выходит в камеру аналогично выходу потока из прямоосной отсасывающей трубы. В обоих случаях кинетическая энергия потока после рабочего колеса должна быть преобразована в потенциальную, для отсасывающей трубы создается дополнительное разрежение под колесом, чем обеспечивается повышение к.п.д. насоса. Для насоса величина преобразования скоростного напора зависит от назначения насоса. В большинстве случаев определяющей служит экономически наимыгоднейшая скорость потока в водоводе, а также тип и размер насоса. Обычно десятикратное снижение скоростного напора в отводе вполне достаточно для практических целей.

Коэффициент гидравлического сопротивления отвода насоса определяется как гидравлические потери в отводе, отнесенные к скоростному напору от осевой составляющей скорости на входе в отвод

$$\zeta_{отв.} = \frac{\Delta P_{отв.}}{\frac{\rho \cdot v_3^2}{2}}, \quad (1)$$

Для случая с камерным отводом коэффициент полных потерь будет равен:

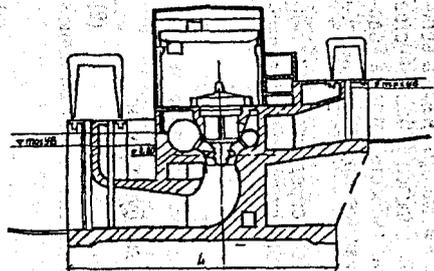
$$\zeta_{отв.}^{полн.} = \zeta_{отв.} + \zeta_{ск}, \quad (2)$$

где $\zeta_{ск}$ — коэффициент гидравлических потерь на выходе, зависящий от выходной скорости из диффузора;

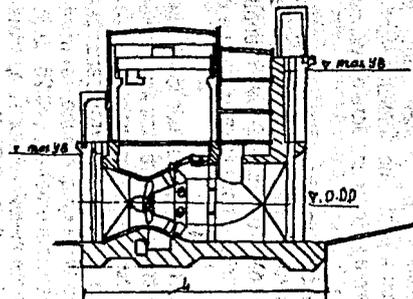
$$\zeta_{ск} = \frac{\Delta P_{ск}}{\frac{\rho \cdot v_3^2}{2}}. \quad (3)$$

В общем случае поле скоростей на выходе не бывает равномерным, поэтому скоростное давление определяется по заданному распределению скоростей:

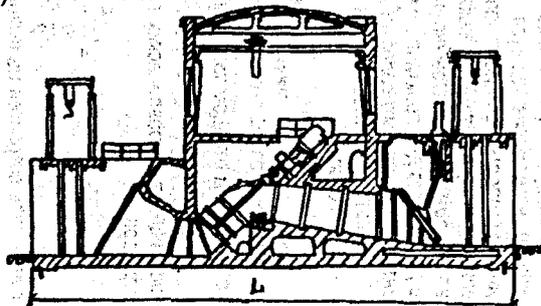
$$\Delta P_{ск} = \frac{1}{Q} \int_{F_{вых}} \frac{\rho v^3}{2} dF;$$



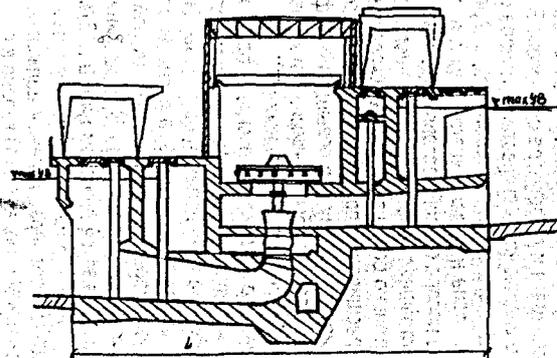
а) осевой насос со спиральным отводом



б) капсульный насос



в) наклонный агрегат



г) камерный отвод

Рис.1 Компонировка блока насосной станции

$$\zeta_{\alpha} = \Delta P_{\alpha} \left(\frac{\rho v_3}{2} \right)^2 = \frac{1}{F_3} \int \left(\frac{v_3}{v_3} \right)^3 dF = \frac{1}{n_1^2} \frac{1}{F_5} \int \left(\frac{v}{v_5} \right)^3 dF = \frac{1}{n_1^2} \quad (5)$$

где $n_1 = \frac{F_5}{F_3}$ - степень расширения выходного участка;

$$\alpha = \frac{1}{F_5} \int \left(\frac{v}{v_5} \right)^3 dF - \text{коэффициент кинетической энергии потока в сечении выходного}$$

участка (коэффициент Кориолиса).

Потери энергии в данном отводе рассматриваются как потери энергии в диффузоре при свободном выходе потока из него.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение камерного отвода существенно меняет проточный тракт водовыпуска насосной станции. Нет необходимости устройства напорного трубопровода. Расход бетона при такой компоновке значительно меньше, чем при традиционной с коленчатым отводом при существующей тенденции укрупнения единичной мощности насосных агрегатов для трасс переброски стока северных и сибирских рек.

2. Эксплуатация насосной станции при такой компоновке проще, чем при капсульных агрегатах, требующих особых условий. Это специальные капсулы для привода насоса, сложности пуска и останова.

3. Аналогичность выхода потока в качественном отношении потоку прямоосной отсасывающей трубы позволяет применить методики расчета отсасывающих камер турбинных блоков для расчета отводящих камер насосной станции с осевым насосом.

4. Гидравлические характеристики потока за рабочим колесом на входе в отвод в значительной степени влияют на к.п.д. отвода. Аналогично отсасывающей трубе задаче отвода насоса является максимальное восстановление кинетической энергии входящего в отвод потока при минимальных гидравлических потерях.

5. Изменение режимов работы насоса во всех случаях сопровождается изменением характеристик потока после колеса, что в свою очередь сказывается на к.п.д. всего агрегата. Поэтому определение оптимальных размеров выходного диффузора, который соответствовал бы минимальным гидравлическим потерям при различных режимах работы, является главной задачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варламов Г.А. и др. // Энергомашиностроение. О разработке насосов высокой производительности для трасс переброски северных рек в южные районы страны. - 1977. - № 2,3-6.
2. Васильев Ю.С., Виссарионов В.И., Цеховой А.И. Об эффективности использования насосных станций с крупными осевыми насосами. // Минводхоз. ЦБНТИ СССР. Экспресс-информация. - 1973 - сер.1 - вып.9.
3. Васильев Ю.С., Виссарионов В.И., Цеховой А.И. Зависимость компоновочных решений крупных насосных станций с осевыми насосами от различных способов отвода. // Ленгипроводхоз. Информационные материалы. Л.- 1971- №24, 33-39.
4. Жак Деже и Жильбер Рюэл. Некоторые особые проблемы насосных станций. // Rtvue d'electreite et de mecanique/ -1970 - №123, 30 - 31.
5. Захаров О.В., Карелин В.Я., Новодержкин Р.А., Эйдрайх В.С. Соловьев Ю.А. Опыт эксплуатации крупных осевых насосов на магистральных каналах. // Гидротехническое строительство. - 1976 - №8, 20-24.

6. Карелин В.Я. Руководство по определению расчетных параметров, схем компоновки и типов энергетических сооружений гидроэлектрических станций малой мощности. — М. — 1982.

7. Громик Н.В. Возможности применения диффузора в качестве отвода вертикального осевого насоса. // Делопроизведенная рукопись. — 1981-3с.

8. Громико О.В. Гидравлические характеристики прямоосных конических диффузоров гидроэнергетических установок. // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов, часть I. — 2007 — 56 — 60с.

9. Громик Н.В., Яромский В.Н. Новые конструкции вертикальных насосов. // Водоснабжение и санитарная техника. — 1988 - №7.

10. Влияние размеров прямоугольной и отводящей камеры на коэффициент гидравлического сопротивления прямоосного конического диффузора. // Материалы научно-технической конференции, посвященной 30-летию института, часть I. Брест. — 1966.

УДК 556.5.048

Дюон В.В., Мацкевич В.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Лукаша В.В.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СТОКА РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ¹

ВВЕДЕНИЕ

Основными источниками водных ресурсов исследуемой территории являются средние реки, возле которых концентрируются население и промышленность. Однако нельзя недооценивать и ресурсы малых рек. Сеть мелких водотоков представляет собой область формирования местного стока, а территориальная рассредоточенность малых рек делает их водные ресурсы доступными для повсеместного использования.

Одной из важнейших гидрологических характеристик, которая необходима для оценки водных ресурсов, проектирования водохозяйственных мероприятий, судоходства, рыболовства и т.д., является норма годового стока. Она определяет потенциальные водные ресурсы речного бассейна или района.

Оценка пространственно-временных колебаний речного стока позволяет выявить нарушения естественного водного режима различными антропогенными и природными факторами.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходными данными являются достоверные данные наблюдений за гидрологическими характеристиками по архивным, литературным и другим материалам, относящимся к периоду до начала регулярных наблюдений, а также данные регулярных наблюдений на гидрометрических постах. При этом производилась оценка достоверности и точности полученных материалов.

Для детального анализа отобраны речные бассейны Белорусского Полесья по принципу равномерного освещения территории данными гидрологических наблюдений. Всего выбрано 32 речных створа, ряды наблюдений на которых оценивались с точки зрения полноты и однородности.

Для выявления пространственной связи рек различных регионов Беларуси использовались пространственно-корреляционные функции (ПКФ) для трех видов стока: годового, максимального и минимального.

ПКФ аппроксимированы уравнением [1]

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (Грант № Х07М-023)

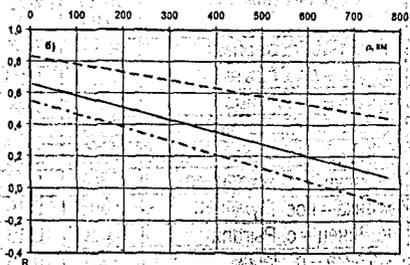
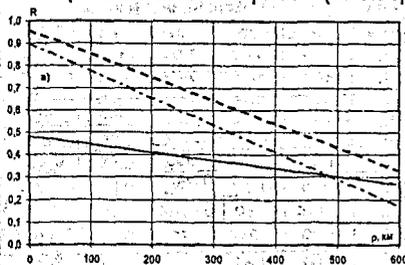
$$R(\rho) = R(0) - \alpha_0 \cdot \rho \quad (1)$$

где $R(0)$ – величина, характеризующая наличие случайных ошибок в данных наблюдений и микроклиматических различий в расположении центров водосборов;
 α_0 – градиент поля, показывает величину изменения ПКФ на единицу расстояния;
 ρ – расстояния между центрами тяжести водосборов.

Для количественной оценки стока рек Белорусского Полесья рассчитывались характеристики рядов речного стока с использованием методики Пособия П1-98 к СНиП 2.01.14-83 [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для выявления пространственной связи рек различных регионов Беларуси построены пространственно-корреляционные функции (ПКФ) для трех видов стока: годового, максимального и минимального (рис. 1). При этом исследовались связи р. Припять – г. Мозырь с реками бассейна Западной Двины (21 створ) и р. Западной Двины – г. Витебск с реками бассейна Припяти (26 створов).



а) р. Припять – г. Мозырь с реками бассейна Западной Двины;

б) р. Западной Двина – г. Витебск с реками бассейна Припяти

Рис. 1. Пространственно-корреляционные функции годового (—), максимального (---) и минимального (- · - · -) стока

Анализ полученных зависимостей позволяет констатировать факт существенной связи максимальных расходов рек исследуемых бассейнов, в то время как годовые и минимальные расходы связаны менее существенно, что можно объяснить практически одновременным наступлением весеннего половодья в различных районах Беларуси и его относительно небольшой продолжительностью по сравнению с процессами формирования минимального и годового стока.

Более детально анализировалась структура рядов стока реки Припять – г. Мозырь, как основной реки Белорусского Полесья. Построены автокорреляционные функции годового стока р. Припять – г. Мозырь в зависимости от разрезки года (февраль-январь, март-февраль и т.д.) с целью выявления времени резкого изменения в ходе этих функций и возможной оценки этих отклонений.

Можно отметить, что резких отклонений в ходе коэффициентов автокорреляции не наблюдается, наибольшие отклонения соответствуют разрезке года по апрелю, что можно связать с относительно неравномерным наступлением весеннего половодья – на некоторых реках оно наступает в марте, на других – в апреле, поэтому коэффициенты автокорреляции могут увеличиваться или уменьшаться по сравнению с их значениями, рассчитанными без сдвигки (январь). Таким образом, внутренняя структура рядов среднемесячного стока р. Припять – г. Мозырь практически не нарушена.

Таким образом, исследование пространственно-временных колебаний стока рек Белорусского Полесья позволили констатировать факт незначительного влияния интенсивных мелиораций 1966-1985 гг. на годовой сток Припяти и значительного влияния на

сток малых рек Белорусского Полесья. В каждом конкретном случае оценки изменения речного стока необходимы индивидуальные исследования, как процессов формирования речного стока, так и самих рядов данных наблюдений за стоком.

В табл. приведены нормы годового стока и статистические параметры рядов рек Белорусского Полесья, на которых ведутся гидрометрические наблюдения, а также по закрытым в настоящее время створам и продленным нами до 2005 года, а также значения расходов воды различной обеспеченности, которые можно использовать для реальных практических гидрологических расчетов гидротехнических и дорожных сооружений.

Под влиянием климатических и других физико-географических факторов годовой сток претерпевает непрерывные колебания во времени. На рис. 2 представлены хронологические графики колебаний расходов воды некоторых рек Белорусского Полесья.

Таблица. Основные гидрологические характеристики рядов годового стока рек Белорусского Полесья

Река – створ	Норма стока, м ³ /с	К-т вариации C _v	Соотношение C _w /C _a	Значения расходов (м ³ /с), обеспеченностью, %				
				5	25	50	75	95
Бобрик – с. Парахонск	6,13	0,37	2,0	13,7	9,57	7,27	4,75	3,38
Горынь – пос. Горынь	75,7	0,29	5,5	104	84,0	73,4	64,9	55,4
Горынь – пгт. Речица	102	0,34	3,0	240	120	97,5	80,3	60,0
Гривда – г. Ивацевичи	2,85	0,27	6,0	4,03	3,15	2,74	2,4	2,04
Жабинка – с. Малая Жабинка	0,62	0,42	5,0	1,11	0,732	0,563	0,441	0,325
Жегулянка – с. Нехачево	0,986	0,42	3,5	1,76	1,19	0,905	0,696	0,481
Каменка – пос. Мухавец	0,308	0,49	3,0	0,714	0,399	0,258	0,160	0,074
кан. Винец – с. Рыгали	0,670	0,46	3,5	1,29	0,816	0,599	0,441	0,286
Копаявка – с. Черск	1,26	0,59	2,5	2,64	1,61	1,11	0,748	0,400
Лесная – с. Замосты	8,50	0,29	5,5	11,8	9,46	8,22	7,24	6,15
Лесная – с. Тюхиничи	11,4	0,28	6,0	15,83	12,61	11,08	9,79	8,39
Малорыга – г. Малорита	1,89	0,5	2,5	3,48	2,34	1,74	1,27	0,79
Меречанка – с. Ставок	0,498	0,29	3,0	0,85	0,600	0,47	0,362	0,244
Меречанка – с. Красеево	0,544	0,33	3,0	0,897	0,647	0,514	0,409	0,293
Мухавец – г. Брест	25,3	0,56	6,0	48,0	29,9	22,3	17,2	12,4
Мухавец – г. Пружаны	0,367	0,34	4,0	0,653	0,438	0,336	0,261	0,185
Мышанка – с. Березки	3,94	0,35	3,0	6,21	4,63	3,76	3,06	2,27
Неслуха – с. Рудск	1,38	0,42	5,5	2,42	1,60	1,25	0,998	0,749
Припять – с. Коробы	118	0,37	3,5	185	137	113	93,1	70,9
Припять – пгт. Туров	268	0,35	3,5	419	311	256	211	161
Припять – г. Пинск	64,1	0,31	3,5	100	74,4	61,2	50,4	38,5
Пульва – г. Высокое	1,22	0,28	4,5	1,825	1,388	1,168	0,994	0,801
Рудава – с. Рудня	0,673	0,38	4,5	1,198	0,797	0,614	0,482	0,348
Ружанка – г. Ружаны	2,47	1,15	4,0	7,30	3,03	1,64	0,877	0,353
Рыга – М. Радваничи	4,20	0,47	3,5	7,47	5,05	3,86	2,97	2,06
Цна – с. Дятловичи	4,40	0,43	2,5	7,72	5,38	4,12	3,11	2,03
Щара – с. Доманово	16,7	0,24	3,5	22,8	18,7	16,3	14,3	11,9
Щара – с. Залужье	4,04	0,29	6,0	5,70	4,47	3,89	3,42	2,91
Ясельда – г. Береза	4,72	0,33	2,5	7,37	5,57	4,54	3,68	2,68
Ясельда – с. Сенин	19,6	0,38	3,0	30,5	22,9	18,7	15,3	11,4

Как видно на рис. 2, колебания годового стока носят циклический характер, выражающийся в последовательной смене многоводных и маловодных лет. При этом эти циклы для всех проанализированных рек-створов практически совпадают, отличаются

лишь амплитудой колебаний годового стока. Возможно выделение многоводных лет: 1948, 1956, 1958, 1966, 1970, 1975, 1979, 1981, 1993, 1998, 1999 годы и маловодных: 1946, 1954, 1957, 1964, 1972, 1984, 1987, 1992, 1997 годы.

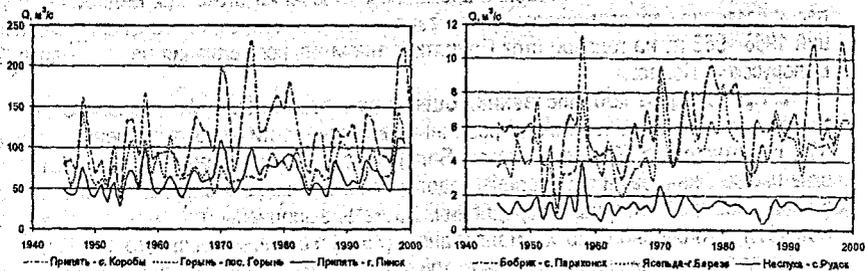


Рис. 2. Графики колебаний годовых расходов воды рек Белорусского Полесья

Для более наглядного представления цикличности колебаний стока используют разностные интегральные кривые годового стока (рис. 3).

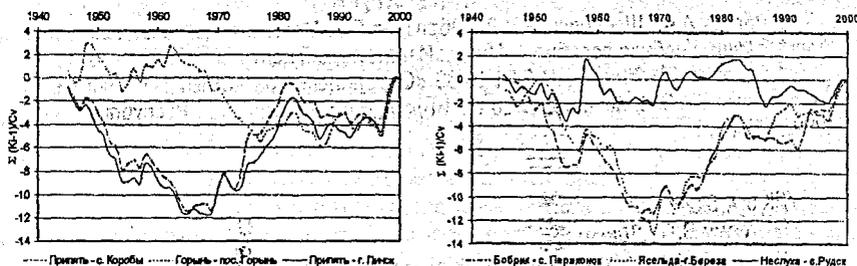


Рис. 3. Нормированные разностные интегральные кривые годовых расходов воды по некоторым рекам Белорусского Полесья

Анализ построенных разностных интегральных кривых по 30 рекам-створам Белорусского Полесья позволил сделать выводы об их синхронном ходе почти для всех рек исследуемой территории, аналогично рекам Припять – с. Коробы, Припять – г. Пинск, Бобрик – с. Парохонск, Ясельда – г. Береза (см. рис. 3). Наблюдается общий минимум в 1960-1970 годы и максимум в 1980-1990 годы, т.е. в 1960-1970 годы наблюдается маловодная фаза цикла колебаний водности, а после 1970 и до 1980 – постепенный переход к многоводной фазе.

Построенные разностные интегральные кривые (см. рис. 3) для рек Неслуха – с. Рудск и Горынь – п. Горынь имеют отличный от остальных рек Белорусского Полесья цикл изменения водности. Это объясняется для Горыни условиями формирования стока – она берет начало на Волыно-Подольской возвышенности, а для Неслухи – большой зарегулированностью стока в системе Днепровско-Бугского канала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты:

1. Проведено исследование пространственно-временных колебаний речного стока. Анализ полученных зависимостей позволяет констатировать факт существенной связи максимальных расходов рек исследуемых бассейнов, в то время как годовые и минимальные расходы связаны менее существенно, что можно объяснить практически

одновременным наступлением весеннего половодья в различных районах Беларуси и его относительно небольшой продолжительностью по сравнению с процессами формирования минимального и годового стока.

Исследование пространственно-временных колебаний стока рек Белорусского Полесья позволили констатировать факт незначительного влияния интенсивных мелиораций 1966-1985 гг. на годовую сток Припяти и значительного влияния на сток малых рек Белорусского Полесья.

2. Произведена количественная оценка речного стока. С использованием кривых трехпараметрического гамма-распределения в зависимости от коэффициента вариации (C_v) и соотношения (C_s/C_v) по рекам Белорусского Полесья, имеющим гидрометрические наблюдения, были определены годовые расходы воды различной обеспеченности в зависимости от интервала осреднения. Расчеты выполнены для очень многоводного года (5%), многоводного (25%), маловодного (75%) и очень маловодного (95%) лет.

Полученные значения расходов различной вероятности превышения для рек Белорусского Полесья могут быть использованы при проектировании водохранилищ, мелиоративных систем и крупных гидротехнических сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волчек А.А., Шведовский П.В., Образцов Л.В. Математические модели в природопользовании. Учебное пособие. – Минск: Издательский центр БГУ, 2002, – 282 с.

2. Пособие П1-98 к СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик». – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2000. – 174 с.

УДК 556.5.048

Мацкевич В.В., Дюон В.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Лукша В.В.

АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ВОДНОМУ РЕЖИМУ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ²

ВВЕДЕНИЕ

В связи с увеличением потребления пресной воды и интенсивным преобразованием естественных природных ландшафтов в последнее столетие остро стоит проблема оценки антропогенных изменений гидрологического режима водных объектов и контроля состояния водных ресурсов, через которые происходит важнейший аспект взаимодействия человека и окружающей среды.

Поэтому для успешного развития уникальных природных комплексов, как Белорусского Полесья, так и всей Беларуси, в свете современных социально-экономических задач необходимы детальные исследования формирования водных ресурсов, а также моделирование водных режимов в связи с прогнозируемым изменением климата, для разработки и принятия компенсационных мероприятий.

К настоящему времени учреждениями гидрометеорологической службы Беларуси накоплен довольно большой фактический материал по речному стоку [3, 4], хотя для территории Беларуси он все же недостаточен. Это связано, прежде всего, с закрытием многих гидрометрических постов и прекращением наблюдений за водным режимом рек.

² Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (Грант № Х07М-023)

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящей работе использовались достоверные данные наблюдений за гидрологическими характеристиками по архивным, литературным и другим материалам, относящимся к периоду до начала регулярных наблюдений, а также данные регулярных наблюдений на гидрометрических постах. При этом производилась оценка достоверности и точности полученных материалов.

Для детального анализа отобраны речные бассейны Белорусского Полесья по принципу равномерного освещения территории данными гидрологических наблюдений. Всего выбрано 32 речных створа.

Для надлежащей оценки гидрологические параметры или в целом ряды наблюдений приводились к длительному (достаточному, репрезентативному) периоду. Основой приведения явился метод гидрологической аналогии [2].

Приведение к многолетнему единому периоду выполнено путем годовичного восстановления пропущенных (или недостающих) наблюдений по методике ГИ в редакции Волчека А.А., разработанной в составе программного комплекса автоматизированных расчетов «Гидролог» по заказу проектного института «Полесьегипротводхоз» [1]. Использовалась методика Пособия к СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик» [2].

Для сопоставимости получаемых результатов все исследуемые ряды приведены к единому периоду наблюдений, равному 61 год (1945-2005 гг.). Продолжительность репрезентативного периода установлена по разностным интегральным кривым с учетом многолетних колебаний исследуемой величины. Продление выполнено для годового, максимального весеннего и минимального летнего речного стока.

Для оценки однородности рядов расходов речного стока использовались критерии однородности Стьюдента (t) и Фишера (F), а также метод годовунктов и критерий Колмогорова на базе приема сравнения частных кривых обеспеченности с объединенной кривой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя данные о строительстве мелиоративных объектов и используя обновленные карты масштаба 1:25000 и 1:10000, выполнено уточнение водосборных площадей ряда рек.

Так установлено, что водосборная площадь р. Копаювка – с. Черск изменилась с 292 км² за 1949-1963 гг., 351 км² за 1964-1965 гг., 409 км² за 1966-1969 гг. до 440 км² за 1970-1980 гг. Водосборная площадь р. Мухавец для створа г. Брест изменилась с 6810 км² в 1955-1969 гг. до 6590 км² в 1970-1980 гг.; р. Рыта для створа М. Радваничи уменьшилась с 1440 км² в 1952-1964 гг. до 1200 км² в 1965-1972 гг., 1170 км² в 1973-1974 гг., и вновь возросла до 1230 км² в 1975 – 1980 гг.; р. Меречанка в створе д. Красеево выросла от 121 км² в 1970-1973 гг. до 131 км² в 1974-1980 гг.; р. Бобрик для створа Парахонск увеличилась с 1450 км² в 1978 г. до 1510 км² в 1978-1980 гг.

Если уточненные водосборные площади отличались от опубликованных в справочниках «Ресурсы поверхностных вод СССР» [3, 4] не более чем на 5 %, принимались опубликованные данные.

Анализ исходной информации по периодам наблюдений показал, что для двух створов (Ясельда – с. Мотоль и Ясельда – с. Старомлыны) для восстанавливаемого периода (1945-2005 гг.) количество исходной гидрологической информации (расходов воды) менее 10 лет, что не позволяет осуществить продление при недостаточности данных гид-

рометрических наблюдений. Поэтому для продления были оставлены 30 рек-створов. При этом для р. Ясельда – г. Береза не требуется продление ряда, значения за весь исследуемый период представлены измеренными расходами воды.

Анализ продленных рядов показывает, что, в среднем, норма стока для продленного ряда уменьшилась на 1,57 % при максимальном увеличении на 11,76 % (р. Лесная – с. Тюхиничи) и максимальном уменьшении на 25,38 % (р. Ружанка – г. Ружаны), что можно объяснить небольшим по продолжительности периодом исходных наблюдений (19 и 20 лет соответственно). Для остальных рек-створов значительных колебаний изменений нормы стока не наблюдается.

Что касается коэффициентов вариации (C_v) и асимметрии (C_s), то их среднее увеличение соответственно составило 2,63 % и 9,71 %. Для р. Мухавец – г. Пружаны уменьшение C_v максимальное (-19,5%), а для р. Лесная – с. Тюхиничи увеличение максимальное – 75 %. Для значений C_s соответственно р. Меречанка – с. Ставок (-63,9 %) и р. Неслуха – с. Рудск (847 %). Коэффициент автокорреляции ($r(1)$) имеет максимальное значение для р. Мышанка – с. Березки как до восстановления (0,45), так и после (0,65). Максимальные его изменения отмечены для р. Цна – с. Дятловичи (-280 %) и р. Лесная – с. Тюхиничи (1500 %). Большие значения изменения $r(1)$ объясняются его небольшими значениями (около 0).

В качестве основной модели продления использовались однофакторные модели, т. е. имеющие в составе уравнения регрессии один аналог. Такой выбор обосновывается высокими коэффициентами корреляции (более 0,9) и небольшими расхождениями восстановленных значений при использовании одно-, двух-, и трехфакторных моделей. Например, для р. Щара у с. Доманово при продлении ряда по однофакторной модели использовалось четыре уравнения регрессии с коэффициентами корреляции соответственно 0,98; 0,97; 0,954; 0,931. При этом норма стока – $\bar{Q} = 16,6 \text{ м}^3/\text{с}$, коэффициенты вариации $C_v = 0,23$ и асимметрии $C_s = 0,53$. Для двухфакторной модели продление осуществлялось по 3-м уравнениям регрессии (4 аналога) с коэффициентами корреляции 0,99; 0,97; 0,93 и статистическими параметрами ряда: $\bar{Q} = 16,6 \text{ м}^3/\text{с}$, $C_v = 0,24$, $C_s = 0,73$ и по трехфакторной – по 3-м уравнениям (4 аналога) с коэффициентами корреляции 0,97; 0,92 и 0,89 при $\bar{Q} = 16,1 \text{ м}^3/\text{с}$, $C_v = 0,27$, $C_s = 1,08$.

Как видно из приведенного примера, использование одно-, двух- или трехфакторных моделей практически незначительно влияет на основные статистические параметры ряда и соответственно на сами восстановленные значения годового стока р. Щара у с. Доманово.

Поэтому для восстановления возможно использование любых из описанных моделей. Но так как однофакторные модели имеют большую наглядность (можно сказать, даже линейность) и, как правило, незначительно более высокие коэффициенты корреляции, то продление рядов речного стока базировалось, в основном, на них. Исключение составили лишь некоторые реки-створы при продлении рядов максимального стока весеннего половодья и минимального летне-осенней межени.

В некоторых случаях привлекались двух- и трехфакторные модели (продление осуществлялось в ручном режиме), при этом одним из аналогов в таких моделях была река-створ с более полным, чем у других рядом наблюдений, но меньшим коэффициентом парной корреляции с восстанавливаемым рядом.

Так как наиболее вероятным переломом в формировании водного режима рек Беларуси можно считать 1966 год – начало массовых мелиораций, то ряды речного стока разбивались на две части: первая – 1945-1965 гг., вторая – 1966-2005 гг. Далее был

произведен расчет всех параметров для нахождения критериев Фишера и Стьюдента для каждого исходного ряда речного стока. Используя [2, Приложения Г, Д], были найдены критические значения критериев Стьюдента и Фишера для каждой из двух частей разбитого исходного ряда.

Анализ полученных результатов показывает, что для рек Копаявка – с. Черск и Мышанка – с. Березки получены значения критериев Стьюдента и Фишера значительно больше критических значений при 5%-ном уровне значимости, что отвергает гипотезу об однородности данных в рядах годового стока. Анализ причин неоднородности рядов по этим двум рекам-створам привел к гипотезе об интенсивной хозяйственной деятельности в водосборах этих рек, начиная с 1966 года, что подтвердилось материалами проектного института «Полесьегипрорудхоз» (г.Пинск).

Частично ненарушенный режим рек (гипотеза однородности принимается по критерию Стьюдента, отвергается по критерию Фишера, или наоборот) наблюдается для 14 исследуемых рек-створов, что можно объяснить естественными колебаниями водности или сопоставимыми с ними незначительными антропогенными воздействиями на водный режим рек.

Полностью однородные ряды годового стока для 14 из проверенных рек-створов свидетельствуют о ненарушенном водном режиме. Также возможна гипотеза о синхронности антропогенных воздействий и колебаниях водного режима, т.е. при одновременном увеличении водности рек и интенсивности мелиоративных мероприятий и одновременном спаде этих двух процессов водность реки практически не изменилась, и ряд остался однородным.

Из всех проанализированных рек-створов минимальным нарушением однородности выделяются реки Каменка – пос. Мухавец, Пульва – г. Высокое и Рыта – с. Малые Радваничи. Значения критериев Стьюдента и Фишера для этих рек значительно меньше критических.

При использовании метода годопунктов для рядов модулей годового и минимального стока проверка однородности осуществлялась в два этапа, для максимального – в три. В результате были исключены из дальнейших исследований: для годового стока – 10 рядов, максимального – 39, минимального – 8.

Как показал анализ, наиболее однородным является минимальный сток рек, который формируется, в основном, за счет грунтовых вод и менее подвержен различного рода воздействиям как естественного, так и антропогенного характера в отличие от максимального стока, который формируется под воздействием большого числа неоднородных во времени и пространстве факторов.

Получены статистические параметры рядов модулей стока рек Белорусского Полесья, объединенных в один ряд до выбраковки неоднородных выборок и однородной генеральной совокупности: число анализируемых модулей стока (n), их средние значения ($M_{ср}$), сумма квадратов отклонений от среднего ($\sigma_{ср.кв.}$), коэффициенты вариации (Cv) и асимметрии (Cs), их соотношение (Cs/Cv), средние квадратические ошибки модуля стока ($\delta m_{ср}$) и коэффициента вариации (δcv), а также модули стока различной ежегодной вероятности превышения ($M5\%-M95\%$).

Незначительные изменения параметров вызваны малой долей неоднородных выборок. Для максимального стока, где было выбраковано 39 выборок, параметры смещаются особенно для малых (5%) и больших обеспеченностей (95%), что можно объяснить экстремальностью этих расходов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты:

1. Произведен выбор и анализ исходных данных по водному режиму рек Белорусского Полесья. Использовались достоверные данные наблюдений за гидрологическими характеристиками по архивным, литературным и другим материалам, относящимся к периоду до начала регулярных наблюдений. Для детального анализа отобраны речные бассейны Белорусского Полесья по принципу равномерного освещения территории данными гидрологических наблюдений. Всего выбрано 32 речных створа.

2. Проведено продление рядов значений стока рек. Приведение к многолетнему единому периоду в 61 год (1945-2005 гг.) выполнено путем годичного восстановления пропущенных (или недостающих) наблюдений по методике государственного гидрологического института (ГГИ) в редакции Волчека А.А., разработанной в составе программного комплекса автоматизированных расчетов «Гидролог» по заказу проектного института «Полесьегипроводхоз» в 2000 году. Использовалась методика Пособия П1-98 к СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик».

3. Проведена проверка однородности исследуемых рядов речного стока. Общий вывод – реки бассейна Припяти имеют в основном неоднородные ряды, в то время как реки бассейна Западного Буга – однородные, что является следствием более существенных мелиоративных воздействий на водосборы рек бассейна Припяти. Это значит, что, начиная с 1966 года, естественный режим средних и малых рек Белорусского Полесья трансформировался под влиянием антропогенной нагрузки, в частности мелиоративных воздействий.

Влияние мелиорации на однородность рядов стока в каждом конкретном случае следует рассматривать индивидуально, имея данные об объемах мелиоративных воздействий на водосборе, гидротехнического строительства в русле реки и естественных колебаниях водности.

Полученные статистические характеристики гидрологических рядов могут быть использованы для расчета расходов воды различной вероятности превышения, которые, в свою очередь, могут быть использованы для решения ряда водохозяйственных и гидротехнических задач. Кроме того, результаты исследования дают возможность выявлять реки-створы с нарушенным водным режимом и выявить природу этих нарушений – естественную (природную) или антропогенную.

ЛИТЕРАТУРА

Волчек А.А. Автоматизация гидрологических расчетов // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды: Труды международной научно-практической конференции по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономико-социальных преобразований в условиях рыночных отношений / Брест. политехн. институт. – Биберах – Брест – Ноттингем, 1998. – С. 25-34.

Пособие П1-98 к СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик». – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь 2000. – 174 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т.5. – Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Ч.2 «Основные гидрологические характеристики». – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 720 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т.5. – Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Ч.2 «Основные гидрологические характеристики». – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 700 с.

ОЗОНИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ В ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ

Целью данной работы является заострение внимания на проблеме обеззараживания воды в плавательных бассейнах. Наш век быстрого технического прогресса постоянно требует совершенствования методов решения задач различного характера. Поэтому автором рассматриваются способы обеззараживания воды в плавательных бассейнах, применяемые как в прошлом, настоящем и имеющие перспективу в будущих периодах использования, например, таким как озонирование. Обзор делается с учётом уже закрепившихся на практике и проверенных временем технологий, а также современных разработок, освоенных в западных странах.

Следует отметить актуальность данной темы, т. к. в настоящее время озонирование является универсальным методом обработки воды, позволяющим эффективно воздействовать на большое число различных загрязнителей искусственного и естественного происхождения с одновременным обеззараживанием вод.

За рубежом в последнее десятилетие заметно увеличилось число плавательных бассейнов различного назначения: спортивных, общественных, частных и медицинских. Для предупреждения отрицательных последствий, которые могут быть вызваны попаданием в бассейн различного рода загрязнений, необходимо уделять постоянное и неослабное внимание качеству обработки воды. В качестве примера можно назвать наиболее крупные спортивные бассейны в Ване, Туре, Ливри, Белфорте (Франция), Киршиде (Германия) и медицинский бассейн в Барселоне (Испания). В них применяется озонирование как способ очистки и дезинфекции рециркуляционных вод [1].

Поэтому недостатки метода озонирования (высокая стоимость, токсичность и др.) не могут служить причиной его ограничения использования в технике обработки воды. Длительный опыт использования озона и эксплуатация озонаторных установок убеждает в том, что этот метод является высокоэффективным. Дальнейшее совершенствование техники озонирования, исключит свойственные методу недостатки, сделает его доступным, и он получит широкое применение и в нашей стране.

Первые опыты по дезинфекции воды озоном были осуществлены около 100 лет назад во Франции (1886 г.) в лаборатории Меритана. Пятью годами позже в Германии были проведены опытные испытания обработки промышленной установки по дезинфекции воды. В 1893 г. Шнеллер, Ван-дер-Слеем и Тиндал осуществляют строительство промышленных озонаторов в Голландии. После длительных успешных испытаний, в результате которых отмечалось эффективное воздействие озона на бактерии, один из этих озонаторов экспонировался на гигиенической выставке в Париже.

В годы, предшествующие Первой мировой войне, и в последние десятилетия интерес к озону несколько снизился, что объяснялось использованием менее дорогого и более доступного хлора, производство которого ввиду военной ситуации находилось на достаточно высоком уровне. В этот период лишь в США продолжались глубокие исследования возможностей озона, в частности, для дезодорации и удаления привкуса воды.

В 1936 г. во Франции насчитывалось более 100 озонаторных станций, в других странах — около 40. Однако озонирование использовалось на конечной стадии обработки воды. Традиция была нарушена лишь в последние три десятилетия после обнаружения и реального использования флоккулирующего эффекта, возникающего при озонировании (мицеллизация-демицеллизация), а также обоснование явлений синергизма, свойственных озонированию [1].

Озон представляет собой аллотропическую модификацию кислорода, поэтому является сильным окислителем. При нормальной температуре он самопроизвольно диссоциирует, особенно в воде. С повышением температуры воды распад озона увеличивается [2].

Согласно современным представлениям, механизм обеззараживания воды озоном основан на его способности инактивировать энзимы (сложные органические вещества белковой природы), содержащиеся в животных и растительных организмах.

Озон применяется не только для обеззараживания воды, но и для улучшения её физических и органолептических свойств – обесцвечивания и дезодорации. Озоном уничтожаются бактерии, споры, вирусы и разрушаются органические вещества, растворённые в воде. Озон более эффективен, чем хлор, при уничтожении спор и разрушении плотных оболочек одноклеточных микроорганизмов, микроводорослей и простейших (патогенные микроорганизмы уничтожаются озоном в 15-20 раз быстрее, а споровые формы бактерий - в 300-600 раз быстрее, чем хлором [3]).

Снижение цветности воды при озонировании возрастает с повышением значения pH. Применение озона эффективно также для устранения из воды железа и марганца, при этом растворимые соли преобразуются в нерастворимые, легко задерживаемые фильтрованием.

Вода, обработанная озоном, приобретает красивую голубую окраску, а растворённые в воде минеральные вещества не изменяют своего состава. Озон не влияет на природные свойства воды; а избыток его в воде не ухудшает её качества. Озон получают из предварительно очищенного и осушенного воздуха, пропуская его между электродами при действии электроразряда переменного тока высокого напряжения (около 2000 В). Смешивание воды с озонированным воздухом производят в эмульсаторе (смесителе). На получение 1 кг озона расходуется 20-30 кВт ч электроэнергии [2].

По сравнению с хлорированием озонирование имеет ряд преимуществ: а) озон получают на месте (в отличие от привозного хлора); б) озон не вызывает раздражения слизистой оболочки глаз и носа даже при избыточном его содержании в воде. Однако озонированию присущи и существенные недостатки: большие затраты на оборудование и эксплуатацию; быстрое улетучивание озона из воды; малая предельно допустимая концентрация озона в воздухе ($0,1 \text{ мг/м}^3$) [2].

Загрязнения, вносимые в воду бассейна купающимися и попадающие из атмосферы, могут быть разделены на две категории: а) минеральные и органические вещества; б) микроорганизмы. Минеральные и органические соединения присутствуют в воде в форме взвешенных веществ (атмосферная пыль, частицы кожного покрова, волосы и пр.), коллоидов (выделение желез внутренней секреции, кремы, помада и др. косметические продукты) и растворённых соединений (пот, моча и т. д.). Микроорганизмы в водной среде плавательного бассейна представлены в основном бактериями (например, стафилококками), вирусами и грибами.

Степень загрязнённости воды находится в прямой пропорциональной зависимости от числа купающихся. При пользовании бассейном одним человеком вносится около 3 г органических загрязнений, из которых 35-40% приходится на долю органического углерода. Интересно отметить, что загрязнения распределяются неравномерно по глубине бассейна. Например, бактериальное загрязнение на поверхности воды в 2-3 раза выше, чем на глубине 50 см, поэтому при разработке технологических схем очистки циркуляционных вод следует уделять внимание не только выбору методов обработки, но также и вопросам водоотведения и создания наилучших условий перемешивания [1].

Для очистки циркуляционной воды в бассейне может быть использована следующая схема. Вода, вытекающая из верхних бортовых отводов бассейна (30% общего расхода), поступает на предварительную фильтрацию, а после – на станцию озонирования. Остальная часть воды (70% общего расхода) смешивается с очищенной водой (рис. 1).

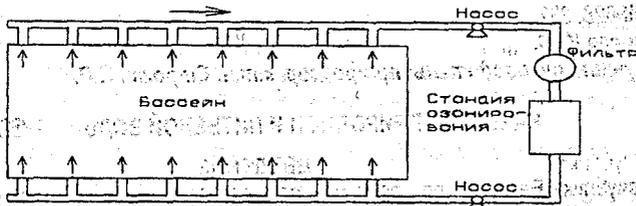


Рис. 1. Технологическая схема очистки циркуляционных вод

Простейшая схема установки для озонирования воды показана на рис. 2.



Рис. 2. Схема простейшей установки озонирования

Обрабатываемая вода поступает на вход системы эжекторов контактно-фильтровальной ёмкости (КФЕ). В газовые входы эжекторов, соединенные с озонатором, подсаживается озono-воздушная смесь и смешивается с потоком воды. Пройдя через эжектор и насыщаясь озонem, вода попадает в контактный объем КФЕ. Там происходит окисление железа, марганца, растворенных хлорорганических и органических соединений, сероводорода до нерастворимых соединений. Далее вода проходит через фильтрующую загрузку, состоящую из активированного коксового угля, где фильтруются железо и марганец, каталитически доокисляются продукты озонлиза органических соединений и устраняется остаточный растворенный озон. Далее вода из КФЕ с помощью насоса возвращается в резервуар бассейна. Деструктор предназначен для удаления избыточного, т.е. не прореагировавшего с обрабатываемой водой озона.

В режиме регенерации (промывки) вода направляется в нижнюю часть КФЕ, обеспечивая процесс обратной промывки фильтрующей загрузки. В течение обратной промывки зернистого фильтра КФА вода поступает в его нижнюю часть, взрыхляя загрузку, и далее самотеком сливается в канализацию.

Дозу озона в плавательных бассейнах выбирают в зависимости от режима работы системы водообмена; она колеблется от 0,2 до 2 мг/л. Продолжительность контакта воды с озоном ограничивается 1-5 мин. Расход энергии для обеззараживания 1 м³ воды составляет 120 Вт [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов В.А. Озонирование воды. - М.: Стройиздат. 1984. - 88 с.
2. Кедров В.С., Рудзинский Г.Г. Водоснабжение и водоотведение плавательных бассейнов. - М.: Стройиздат. 1991. - 160 с.
3. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. - Киев: Высшая школа, 1986. - 352 с.

УДК 628. 337

Ялова Я.С.

Научный руководитель: профессор, к.т.н. Строчак П.П.

КАЧЕСТВО ПРИРОДНОЙ И ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ г. БРЕСТА

ВВЕДЕНИЕ

Республика Беларусь по обеспеченности водными поверхностными и подземными ресурсами находится в сравнительно благоприятных условиях, а самих ресурсов вполне достаточно для удовлетворения как современных, так и перспективных потребностей страны в воде. Использование водных ресурсов и качество природных вод в Беларуси строго учитывается государственным водным кадастром. Регулярно в республике издается обзор загрязненности природной среды.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

В последние десятилетия наблюдается ухудшение экологического состояния малых рек. Процессы загрязнения водных источников повсеместны, а их последствия, к сожалению, чрезвычайно опасны для человека, растительного и животного мира.

По данным Всемирной организации здравоохранения более 50 % инфекционных заболеваний передается через некачественную питьевую воду.

Известно [1,2], что природная вода представляет собой сложную многокомпонентную динамическую систему, в состав которой входят минеральные и органические вещества, находящиеся во взвешенном, коллоидном и истинно растворенном состояниях, газы, а также макро- и микроорганизмы животного и растительного происхождения. Некоторые ингредиенты попадают в воду в результате сбросов сточных вод от предприятий и жилищно-коммунального сектора, смыва минеральных удобрений и пестицидов с сельскохозяйственных угодий, насыщения загрязнениями из атмосферного воздуха и т.д. Такие компоненты представляют особую опасность для живых организмов и особенно для человека.

Особенности влияния некоторых примесей в природной воде на здоровье человека приведены ниже [2,3].

Алюминий в переизбытке способствует возрастанию смертности от болезни Альцгеймера.

Высокий минеральный состав приводит к мочекаменной болезни, неблагоприятно воздействует на специфические функции женского организма – менструальную и детородную, а также на течение беременности и родов, на плод и новорожденного.

Железо в переизбытке неблагоприятно влияет на кожные покровы человека (вызывает сухость и зуд), при большой концентрации поражает печень.

Жесткая вода (свыше 6 ммоль/дм³) развивает сплюнно-каменную и мочекаменную болезни, усиливает местный кровоток, изменяет процесс фильтрации и реабсорбции в почках, развивает склероз и гипертоническую болезнь.

Ионы тяжелых металлов могут выступить комплексом, способствующим напряжению регуляторно-приспособительных систем организма.

Недостаток йода приводит к развитию зубной болезни. Это чревато для плода и детей младшего возраста замедлением не только роста, но и развития в целом, прежде всего умственных способностей.

Кальций в переизбытке (свыше 150 мг/дм³) неблагоприятно воздействует на почки и желудок; заболеваемость остеогенной саркомой.

Карбонат ионы развивают хронический гастрит, дуоденит и колит с атрофическим процессом в железистом аппарате.

Недостаток магния приводит к более высокой заболеваемости коронарной болезнью, возможны также случаи внезапной смерти.

Микробное загрязнение способствует высокому уровню хронической болезненности слизистых ротовой полости, ротоглотки и верхних дыхательных путей, при этом возникают боли и дискомфорт в желудке.

Мягкая вода может стать причиной повышения пульса, кровяного давления и содержания в крови холестерина.

Низкий минеральный состав замедляет выведение воды из организма, приводит к анемии, гемолитической желтухе, переломам костей, врожденным аномалии и дефектам развития организма.

Нитраты в питьевой воде способствуют высокой заболеваемости раком желудка.

Ртуть, мышьяк, марганец, хром в переизбытке, следы свинца и кадмия, как канцерогенные вещества, вызывают онкологические заболевания, расстройства нервной системы, поражения печени и почек.

Фтор в избытке оказывает неблагоприятное влияние на костную, нервную и ферментативную системы организма, обуславливает поражение зубов (флюороз).

Недостаток фтора (менее 0,5 мг/дм³) повышает растворимость зубной эмали и, как следствие, поражение зубов кариесом.

Хлориды и сульфаты в избытке приводят к заболеваемости желчно- и мочекаменной болезнью, сердечно-сосудистой системы, значительно тормозят секретную деятельность желудка.

Недостаток хлоридов и сульфатов приводит к заболеваемости раком желудка.

Хлороорганические соединения развивают онкологические заболевания, приводят к спонтанным абортam, частой мутации в соматических клетках у детей.

Количество и качество используемой воды определяет уровень жизни и здоровья населения и развитие экономики государства. Поэтому проблема чистой природной и питьевой воды всегда является актуальной для настоящих и будущих поколений.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Природная вода уникальна. Ее состав не постоянен, изменчив в разные сезоны года. Природные водные источники постоянно насыщаются различными примесями как природного, так и антропогенного происхождения. Концентрация отдельных примесей в воде определяет ее свойства, совокупность которых называется **качеством воды** [4].

Показатели качества воды в Республике Беларусь подразделяются на органолептические (температура, взвешенные вещества, мутность и прозрачность; цветность, запах и привкус), обобщенные (жесткость общая, щелочность, водородный показатель, окисляемость перманганатная, общая минерализация и др.), неорганические и органические вещества, радиологические, микробиологические и паразитологические показатели [5].

Первой ступенью в системе контроля за состоянием природных ресурсов, природных объектов, природных комплексов и окружающей человека среды с целью своевременного выявления, прогнозирования и оценки происходящих в них изменений, а также предупреждения и устранения последствий негативных процессов и тенденций, возникающих под влиянием антропогенных факторов, является **экологический мониторинг**.

Поверхностные воды г. Бреста представлены р. Мухавец. В бассейне реки Мухавец размещено около 300 водопользователей. В г. Бресте – это в основном предприятия жилищно-коммунального хозяйства и сельскохозяйственного производства, такие как, КУ ПВКХ «Водоканал», завод бытовой химии, электроламповый завод, электромеханический концерн, комбинат строительных материалов, ОАО «Брестское пиво», Брестская ТЭЦ.

Целью работы было исследование качественного и количественного состава поверхностных и подземных водных источников, а также питьевой воды, используемой жи-

телями г. Бреста. Объектами исследований являлись: подземная артезианская вода водозабора №3 КУ ПВКХ «Водоканал» Бреста, вода р. Мухавец, водопроводная вода разных районов г. Бреста и разновидности бутилированной питьевой воды:

Определение качества воды проводилось по показателям, характеризующим органолептические свойства воды (прозрачность, цветность, температура) и ее химический состав (рН, содержание хлоридов, сульфатов, железа, щелочность, жесткость).

Для выполнения анализов применялись химические и инструментальные методы исследований: мутность, цветность воды, содержание в ней железа общего определялись фотометрическим методом на КФК-3; общую жесткость, окисляемость, содержание хлоридов, сульфатов, нитратов – химическими методами; рН – электрометрическим методом на иономере И-130.2М.1 [6].

Исследования качества подземной воды, используемой для хозяйственно-питьевых нужд жителями г. Бреста и транспортируемой по водопроводной сети от водозаборов КУ ПВКХ «Водоканал» к потребителю, велись в 5 точках. В качестве точек для отбора водопроводных проб были выбраны городские квартиры, расположенные в разных районах города Бреста, и точка отбора подземной артезианской воды на водозаборе №3.

Отбираемые пробы подземной и водопроводной воды закупоривались в чистую посуду, доставлялись в лабораторию экологии Брестского государственного технического университета и сразу анализировались. Усредненные результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика воды в системах водоснабжения г. Бреста, подаваемая из подземных горизонтов (март 2008)

Наименование показателей	Единицы измерения	артскважина водозабора №3	вода м-на Граевка	вода Центр. района	вода м-на Ковалево	вода м-на Восток -4
Цветность	град.	0	5	5	5	5
Прозрачность	см	30	30	30	30	30
Общая жесткость	ммоль/дм ³	4,9	4,45	4,1	4	3,7
Хлориды, Cl ⁻	мг/дм ³	55	46	52	41	35
Сульфаты, SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	50-100	10-50	10-50	10-50	10-50
Железо общее	мг/дм ³	1,7	0,32	0,25	0,2	0,15
рН	ед. рН	7,4	7,6	7,7	7,6	7,8
Окисляемость	мг-О ₂ /дм ³	4,35	4,23	4	4,86	4,15

В результате проведенных исследований установлено, что по органолептическим и химическим показателям подземная артезианская вода и вода в системах водоснабжения практически полностью соответствуют нормативным требованиям СанПиН 10-124 РБ 99, превышение обнаружено по содержанию общего железа.

Исследования качества воды р. Мухавец проводились в течение 2007-2008 гг. Усредненные результаты за март 2008 г. представлены в таблице 2. Характеристика показателей состава и свойств бутилированной воды приведены в таблице 3.

Таблица 2. Характеристика состава и свойств воды реки Мухавец в районе г. Бреста

Наименование показателей	Единицы измерения	м-н ЦГБ	м-н ТЭЦ	р-н Набережной	ПДК в речной воде
Температура	°С	12	12	8	-
Цветность	град.	60	60	65	20
Прозрачность	см	30	30	16	30
Общая жесткость	ммоль/дм ³	7,1	7,8	7,5	7,0
Хлориды, Cl ⁻	мг/дм ³	19,7	22	10	300

Продолжение таблицы 2

Сульфаты, SO_4^{2-}	мг/дм ³	10-50	10-50	5-10	100
Железо общее	мг/дм ³	0,79	0,9	0,7	0,005
pH	ед. pH	8,2	8,1	8,2	6,5-8,5
Нитраты, NO_3^-	мг/дм ³	52	60	68	45
Окисляемость	мг-О ₂ /дм ³	2,0	3,6	2,2	1,1

Таблица 3. Характеристика бутилированной питьевой воды

Наименование показателей	Единицы измерения	«Волыца»	«Дарида»	«Санта»	«Мальшка»	«Вогюти»	«Королевская»
Цветность	град.	0	0	0	0	0	0
Прозрачность	см	30	30	30	30	30	30
Общая жесткость	ммоль/дм ³	5,5	4,7	5,2	4,0	4,1	0,4
Хлориды, Cl	мг/дм ³	200	3,0	18	6,0	15	32
Сульфаты, SO_4^{2-}	мг/дм ³	100	5	10-100	10-100	10-100	5-10
Железо общее	мг/дм ³	0,1	0,07	0,05	0,1	0,12	0,02
pH	ед. pH	8,1	7,3	7,6	6,9	7,5	7,2
Окисляемость	мг-О ₂ /дм ³	2,0	3,2	4,4	3,6	4,1	4

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований установлено, что вода р. Мухавец относится к категории умеренно-загрязненной. Я определила, что по цветности, общей жесткости, железу общему, нитратам нормативные показатели превышены: для цветности в 3,5 раза, общей жесткости на 0,6 до 1,0 ммоль/дм³, общего железа в 160 раз, нитратов на 10 мг/дм³. По железу общему превышение допустимых норм происходит за счет его природного содержания.

В соответствии с Санитарными нормами и правилами РБ 10-124-99 вода реки Мухавец не может использоваться без очистки для хозяйственно-питьевого, а в ряде случаев и для промышленного водоснабжения.

2. Результаты исследований органолептических и химических свойств подземной артезианской воды и воды в системах водоснабжения показали практически полное соответствие нормативным требованиям СанПиНа РБ 10-124-99. В пробе артезианской воды на водозаборе №3 и воды из водопроводного крана по ул. Красногвардейской обнаружено превышение по содержанию железа общего.

3. В результате проведенных исследований бутилированной питьевой воды установлено, что все пробы соответствует стандартам питьевой воды (СанПиНу РБ). Однако из-за низкой минерализации (вода «Королевская», «Дарида», «Санта», «Мальшка», «Вогюти») и низкой жесткости (вода «Королевская») при постоянном употреблении такой питьевой воды в организме могут наступить следующие изменения: замедлится выведение воды из организма, будет развиваться анемия, гемолитическая желтуха, недостаток минерализации усилит переломы костей, будет способствовать врожденным аномалиям и дефектам развития, повышению пульса, кровяного давления и содержания холестерина в крови.

Я считаю, что использование жителями г. Бреста некоторых видов бутилированной питьевой воды, а также применение фильтрующих установок, используемых у себя в домах, не особенно благоприятно для состояния здоровья из-за недостаточного содержания минерального состава и поэтому не оправдано.

ЛИТЕРАТУРА

1. Строкач П.П., Яловая Н.П. Экология гидросферы. – Брест: БГТУ, 2004. – 322 с.: ил.
2. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод: Учебник для вузов. – К.: Высш. школа. Головное изд-во, 1986. – 352с.
3. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1987. – 479с.
4. Яловая Н.П., Строкач П.П. Экология и гидрохимия. Словарь – справочник: Справ. пособие. – Брест: БГТУ, 2004. – 316 с.
5. Сборник санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению. СанПиН 10 – 124 РБ 99, СанПиН 10 – 113 РБ 99, СанПиН 8 – 83 – 98 РБ 99. – Мн., 2000. – 152с.
6. Строкач П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод: Учеб. пособие. – Мн.: Высш. школа, 1980. – 320с.

УДК 628.337

Яловая Ю.С.

Научный руководитель: профессор, к.т.н. Строкач П.П.

ЖЕСТКОСТЬ ПРИРОДНОЙ И ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

ВВЕДЕНИЕ

Состав и свойства воды в Республике Беларусь характеризуются органолептическими (температура, взвешенные вещества, мутность и прозрачность, цветность, запах и привкус), обобщенными (жесткость общая, щелочность, водородный показатель, окисляемость перманганатная, общая минерализация и др.), радиологическими; микробиологическими и паразитологическими показателями, концентрацией неорганических и органических веществ [1].

Жесткость воды – один из обобщенных химических показателей качества природной воды. Обуславливается присутствием в воде солей кальция, магния и некоторых других металлов. Различают карбонатную (временную) и некарбонатную (постоянную) жесткость. Общая жесткость определяется суммарной концентрацией ионов кальция и магния и представляет собой сумму карбонатной и некарбонатной жесткости. Карбонатная жесткость обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов и карбонатов (при $pH > 8,3$) кальция и магния. Данный тип жесткости почти полностью устраняется при кипячении воды и поэтому называется временной жесткостью. При нагреве воды гидрокарбонаты распадаются с образованием угольной кислоты и выпадением в осадок карбоната кальция и гидроксида магния. Некарбонатная жесткость обусловлена присутствием кальциевых и магниевых солей сильных кислот (серной, азотной, соляной) и при кипячении не устраняется [2].

Первоначально жесткость воды определялась как мера способности воды осаждать пену, созданную жирными карбоновыми кислотами. Эта «пена» осаждалась в присутствии ионов кальция и (или) магния.

Жесткость воды колеблется в широких пределах, и существует множество типов классификаций воды по степени ее жесткости. В таблице 1 приведены четыре примера классификации.

Таблица 1. Классификации воды по степени ее жесткости

Жесткость воды, ммоль/дм ³	Справочник по гидрохимии ³ (Россия)	Водоподготовка ⁴ (Беларусь)	Германия DIN 19643 ⁵	USEPA ⁶
0 - 1.5		Очень мягкая		Мягкая
1.5 - 1.6			Мягкая	
1.6 - 2.4	Мягкая вода	Мягкая	Средней жесткости	Умеренно жесткая
2.4 - 3.0			Достаточно жесткая	
3.0 - 3.6		Умеренно жесткая	Достаточно жесткая	
3.6 - 4.0				
4.0 - 6.0				
6.0 - 8.0	Средней жесткости			
8.0 - 9.0				
9.0 - 12.0				
Свыше 12.0				

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Жесткая вода неблагоприятна для организма человека. Например, последствием использования жесткой воды могут быть – провоцирование образования камней в почках и печени, остеохондроза, болезни суставов, атеросклероза, аллергии и диатеза, сыпь у людей с чувствительной кожей; преждевременного износа одежды из-за солей, находящихся в воде; образование отложений на водонагревательных приборах, на стенках ванн, раковин, унитазов, водопроводных труб; увеличение затрат на отопление, поскольку на внутренней поверхности труб образуется камень, замедляющий скорость потока; изменение вкуса кофе, чая и других продуктов. При взаимодействии солей жесткости со стиральными порошками, мылом, шампунями происходит образование так называемых «мыльных шлаков». Во-первых, в этом случае моющих средств расходуется гораздо больше, во-вторых – после высыхания «мыльные шлаки» остаются в виде налета на сантехнике, белье, на волосах, на нашей коже. Они разрушают естественную жировую пленку, которой всегда покрыта нормальная кожа. Поэтому кожа «скрипит» и приходится тратить ее на лосьоны, смягчающие и увлажняющие кремы. Это очень выгодно многочисленным косметическим компаниям. Придуманы различные маркетинговые ходы, не подвергается сомнению, что без всего этого просто не обойтись. В рекламах моющих средств часто обращают наше внимание на их водородный показатель, но не это является решением проблемы.

Для сохранения естественной защиты кожи нужно мыться мягкой водой. Вызывающее у некоторых раздражение чувство «мылкости» после пользования мягкой водой является признаком того, что защитная жировая пленка на коже цела и невредима. Именно она и скользит. Однако следует помнить, что очень мягкая вода может просто «растворять» железные водопроводные трубы, поэтому если после умягчителя вода не сразу попадает в кран, то дальше следовать она должна по пластиковым трубам [2].

МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ

Из-за неблагоприятного воздействия солей жесткости и на здоровье человека, и на бытовые приборы, и на производственные материалы, возникает настоятельная необходимость умягчения воды. Для этого могут применяться следующие методы очистки воды:

³ Справочник «Гидрохимические показатели состояния окружающей среды», Россия.

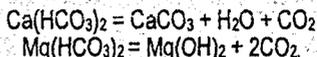
⁴ Строчак П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод. Учеб. пособие. - Мн.: Выш. школа, 1980. - 320с.

⁵ Нормы жесткости немецкого института стандартизации (DIN 19643).

⁶ Нормы жесткости, принятые Агентством по охране окружающей среды США (USEPA), 1986.

- термический метод, или кипячение, основанный на нагревании воды;
- дистилляция или вымораживание;
- реагентный;
- ионообменный;
- обратный осмос;
- электродиализ;
- комбинированный, представляющего собой различные сочетания перечисленных методов [4].

В домашних условиях устранить временную (карбонатную) жёсткость можно кипячением или вымораживанием. При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния разлагаются, образуя карбонат кальция и гидроксид магния:



Жесткость воды может быть уменьшена с помощью обработки гашеной известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и кальцинированной содой Na_2CO_3 . Известь осаждает карбонаты, сода осаждает другие соли кальция и магния. Затем образовавшиеся осадки удаляются фильтрацией. Этот способ довольно эффективен, но совершенно не подходит для использования в домашних условиях. Он применяется на городских водозаборах в тех случаях, когда жесткость превышает допустимые нормы. Требуется довольно громоздкое оборудование и больших финансовых затрат.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В проводимых исследованиях использовался *метод комплексометрического определения ионов жесткости*, основанный на образовании прочного комплексного соединения при $\text{pH}=10$ ионов кальция и магния с этилендиаминтетраацетатом натрия (трилон Б, $\text{Na}_2\text{ЭДТА}$) [4]. Определение выполняется титрованием в присутствии индикаторов мурексид и эриохрома черного Т. При $\text{pH}=12-13$ комплекс магния разрушается, а комплекс кальция остается устойчивым, поэтому при титровании трилоном Б отсутствие свободных ионов кальция обнаруживается индикатором. Минимально определяемая концентрация ионов кальция $0,05$ ммоль/дм³.

1. Определения ионов Ca^{2+}

В колбу для титрования помещают 50 мл пробы (V) и 50 мл дистиллированной воды. Доводят pH раствора до 3 , прибавляя по каплям раствор 1 н. соляной. Раствор кипятят в течение 3 мин. для удаления CO_3^{2-} . В охлажденную воду добавляют 2 мл раствора гидроксида натрия, $1-2$ микрошпателя мурексид и сразу титруют трилоном Б до появления интенсивного фиолетового окрашивания, устойчивого в течение 3 минут. Израсходованный объем этого раствора (a) отвечает содержанию кальция.

Содержание ионов Ca^{2+} мг-экв/дм³ вычисляется по формуле:

$$\text{Ca}^{2+} = a \cdot 0,05 \cdot 1000 / V,$$

где a – объем $0,05$ М раствора трилона Б, израсходованного при титровании пробы мурексидом, мл; V – объем пробы взятого для определения, мл.

2. Определение общей жесткости воды

В колбу для титрования помещают 50 мл пробы (V) и разбавляют дистиллированной водой до 100 мл. Потом добавляют 5 мл буферного раствора аммиака и $1-2$ микрошпателя эриохрома черного Т, затем титруют до перехода фиолетово-розового окрашивания в синее. Израсходованный при титровании раствор трилона Б (b) отвечает содержанию ионов жесткости.

Расчёт. Жесткость в мг-экв/дм³ (ммоль/дм³) вычисляют по формуле:

$$Ж = b \cdot 0,05 \cdot 1000/V,$$

где b- объём 0,05 раствора трилона Б, израсходованного при титровании пробы с эриохромом чёрным, мл; V- объём пробы взятого для определения, мл.

3. Определение ионов Mg²⁺.

Содержание магния (мг-экв/дм³) в анализируемой пробе воды можно рассчитать по результатам определения жесткости и кальция:

$$Mg^{2+} = Ж - Ca^{2+}.$$

ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРАНЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ

В качестве исследуемых проб воды были отобраны образцы воды разных районов г. Бреста. Для исследования устранения жесткости воды применялись физические методы – кипячение и вымораживание. Исследования выполнялись в лаборатории экологии на кафедре инженерной экологии и химии БрГУ комплексометрическим методом анализа. Определение показателей проводились не менее 3 раз на каждой пробе. Усредненные результаты представлены в таблицах 2-5 и на рисунке 1.

Таблица 2. Характеристика жесткости анализируемых проб воды, ммоль/дм³

Источник	Общая жёсткость	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Вода по ул. Сябровская (район Вулька)	4,2	3,9	0,3
Вода по ул. 28 Июля (район Ковалёво)	4,6	3,8	0,8
Вода по ул. Красногвардейская (район Граевка)	4,9	3,9	1
Вода из БрГУ	4,3	3,7	0,6
Вода из артскважины водозабора №3 (район Красного двора)	4	3,5	0,5
Минеральная вода «Фрост»	1	1	-
Минеральная вода «Дарида»	3,6	2,2	1,4

Таблица 3. Устранение жёсткости анализируемых проб воды

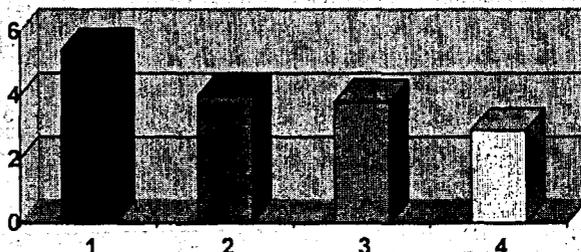
Источник	Исходная общая жёсткость, ммоль/дм ³	Общая жёсткость (ммоль/дм ³) после		
		кипячения	замораживания	кипячения+ замораживания
Вода по ул. Кирова (центральный район)	5,4	3,8	4	2,9
Вода из артскважины водозабора №3 (район Красного двора)	4	2,6	3,3	1,4
Вода по ул. 28 Июля (м-н Ковалёво)	4,6	3,5	4,2	3,3
Вода по ул. Сябровская (м-н Вулька)	4,2	3,3	3,6	2,3
Вода из БрГУ	4,3	3,5	3,8	2,4
Минеральная вода «Брестская»	22,3	19	17	15,5
Вода по ул. Красногвардейская (м-н Граевка)	4,9	3,3	3,9	2,8
Дистиллированная вода	0,1	-	-	-

Таблица 4. Снижение жёсткости анализируемых проб воды замораживанием

Источник	Общая жёсткость, ммоль/дм ³	
	до замораживания	после замораживания
Минеральная вода "Брестская"	23,5	20,7
Минеральная вода "Брестская-5"	14,28	9
Минеральная вода "Минская-4"	4,75	3,5
Питьевая вода "Aqua Minerale"	1,1	0,8
Водопроводная вода	4,9	3,9

Таблица 5. Снижение жёсткости водопроводной воды

исходная	Общая жёсткость, ммоль/дм ³		
	после замораживания	после кипячение	после кипячения+ замораживания
5,4	4	3,8	2,9



1 – Общая жёсткость; 2 – замораживание; 3 – кипячение
 Рис. 1 Диаграмма снижения общей жёсткости водопроводной воды

ВЫВОДЫ

Исследование способов снижения общей жёсткости воды методами кипячения и вымораживания показало, что в бытовых условиях данные физические методы эффективны, малозатратны, а потому экономически выгодны, поэтому могут быть использованы жителями нашего города для умягчения используемой воды.

Применение фильтрующих установок, сильно снижающих жесткость воды и используемых в домашних условиях, не особенно благоприятно для состояния здоровья из-за недостаточного содержания минерального состава и поэтому не оправданно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению. СанПиН 10 – 124 РБ 99, СанПиН 10 – 113 РБ 99, СанПиН 8 – 83 – 98 РБ 99. – Мн., 2000. – 152 с.
2. Строкач П.П., Яловая Н.П. Экология гидросферы. – Брест: БГТУ, 2004. – 322 с.: ил.
3. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод: Учебник для вузов. – К.: Высш. школа. Головное изд-во, 1986. – 352 с.
4. Строкач П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод: Учеб. пособие. – Мн.: Высш. школа, 1980. – 320 с.

ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

УДК 620.004.5

Лапин В.В.

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

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ ДИАГНОСТИКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Введение. Проблемы обеспечения качества и конкурентоспособности машиностроительной продукции, использующей механические зубчатые приводы, были и остаются ключевыми для большинства отечественных производственных предприятий. Это объясняется постоянным повышением производительности и снижением металлоемкости, что накладывает дополнительные требования к зубчатым передачам. Кроме того, особенности геометрии зубчатого зацепления, погрешности изготовления и монтажа зубчатых колес, а также объективные закономерности процесса пересопряжения зубьев, связанные с возникновением параметрических составляющих погрешностей зубьев - далеко не полный перечень наиболее значимых причин, вызывающих рост динамических нагрузок и ухудшение эксплуатационных характеристик механизмов в целом.

Достоверно установлено, что показатели надежности и долговечности зубчатых приводов достаточно тесно коррелируются с параметрами акустического шума и вибрации, которые фиксируются при их работе. Поэтому указанные параметры являются важными источниками информации о техническом состоянии зубчатых передач и находят в мировой практике широкое применение при контрольных и диагностических работах, которые обоснованно признаны одним из приоритетных направлений современного машиностроения.

Средства обработки виброакустических сигналов. Многообразие решаемых задач экспериментального исследования шума и вибраций привело к созданию большого числа самых различных средств обработки виброакустических сигналов. В последние годы на рынке стран СНГ появились портативные виброметры, виброанализаторы и сборщики виброинформации, разработанные и выпускаемые зарубежными и российскими фирмами. Это, как правило, устройства, построенные на принципе преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму с выводом их среднего квадратического значения на жидкокристаллический экран, либо помещающие массив числовых данных в память устройства для последующей обработки на ЭВМ. Встроенное программное обеспечение содержит обычно блок быстрого преобразования Фурье, позволяющий получить спектр исходного процесса [1].

Например, как заявлено разработчиками, прибор Vibro IC фирмы «Шенк» (Schenck) - первая «интеллектуальная» система мониторинга машин [1]. Микропроцессорная система может использоваться так же, как и обычные системы вибрационного мониторинга и может выполнять мониторинг температуры, давления, потока, скорости и дисбаланса. Один Vibro-IC модуль может обрабатывать 8 каналов вибрации, 8 каналов температуры, 4 канала скорости и 5 цифровых каналов. Vibro-IC может включать несколько программных модулей фирмы «Шенк», выбираемых заказчиком. В комбинации с различными вариантами программного обеспечения система приобретает мощные способности мониторинга и анализа, которые включают архивирование, визуализацию, построение трендов и сигналы тревоги.

Система Vibrocontrol 1100 может одновременно вести мониторинг вибрации и состояния подшипников узлов зубчатых передач. Микропроцессорный блок мониторинга оборудован шестью регулируемыми пределами тревоги, которые могут быть предварительно запрограммированы и сконфигурированы со звуковыми, визуальными и электронными сигналами в случае ухудшения состояния узла.

Приборы Vibrotest серии 60 являются мощными карманными модулями, которые могут использоваться как автономные анализаторы или объединяться с программным

обеспечением Шенк с возможностью полного машинного контроля [1].

Фирма SKF Condition Monitoring предлагает полный диапазон карманных, переносных и стационарных систем мониторинга, анализа и диагностики вибрации, работающих с программным обеспечением PRISM 4 и Machine Analyst под Windows.

Прибор Microlog CMVA 60 является представителем линии портативных сборщиков данных - анализаторов фирмы SKF. Этот инструмент не только собирает вибрационные данные, но и имеет встроенную логику для облегчения обнаружения, анализа и коррекции проблем машины и модуль частотного анализа, который автоматически перекрывает не только частоты дефектов подшипников в собранных спектрах, но и другие частоты дефектов, включая дисбаланс, несоосность. Для обнаружения дефектов подшипников и зубчатых зацеплений система содержит демодулятор с четырьмя полосовыми фильтрами.

Инструмент Vibration Pen plus (SKF) размером с ручку предназначен для измерения вибрации по стандартам ISO и идентификации проблем подшипников, зубчатых передач и других механизмов [1].

Американская фирма Predict предлагает собственную систему вибромониторинга. Система включает в себя сборщик данных Watchman 8603 с трехкомпонентным датчиком вибраций и зарядным устройством, программное обеспечение AdvancedALERT или ExpertALERT, которое может работать на любом компьютере, совместимом с IBM PC.

Из российских приборов подобного типа стоит назвать универсальный портативный микропроцессорный виброанализатор модели «Кварц» [1], выпускаемый фирмой «Диамех», предназначенный для сбора данных и выявления причин повышенных вибраций роторов турбин, с программным обеспечением для ЭВМ. Также стоит упомянуть приборно-диагностический комплекс «Антее», разработанный во ВНИИГАЗ и вибрационные экспертные системы «Паллада» и «Аврора», выпускаемые фирмой «Вибро-Центр», предназначенные для контроля и диагностики компрессоров и турбин.

Следует отметить средства измерения и анализа сигналов российского АО ВАСТ выполняемые в двух видах: в виде отдельных приборов, сборщиков данных - анализаторов (рис. 1); в виде плат для персонального компьютера, которые позволяют создавать портативные комплексы (рис. 2). Их общая особенность - расширенные возможности анализа высокочастотных составляющих вибрации, так как, по мнению разработчиков этих комплексов, именно свойства высокочастотной вибрации дают максимальную диагностическую информацию о состоянии контролируемого узла [2].

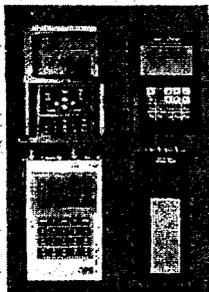


Рис. 1. Некоторые из приборов, с которыми работают программы, разработанные ВАСТом совместно с VibroTek, Inc. [3] (слева-направо и сверху-вниз): DI-1100 Сборщик данных - Diagnostic Instruments, Inc., Великобритания, СД-11 Сборщик данных - АО ВАСТ, Россия, DC-11 Сборщик данных - DPL Group, Канада, 2526 Сборщик данных - Bruel and Kjaer, Дания

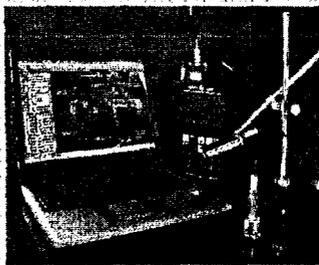


Рис. 2. Портативный комплекс для контроля и прогноза технического состояния вращающегося оборудования по вибрации ВЕКТОР-2000, созданный на основе виброанализатора СД-12М [4]

Особенностью сборщиков данных СД-11 и СД-12М является также их модульное построение с выносным устройством согласования с датчиками, что позволяет подсоединять к ним одновременно до 10 датчиков разных физических величин, переводя сборщики данных, при необходимости, в режим стационарной системы мониторинга (рис. 3).

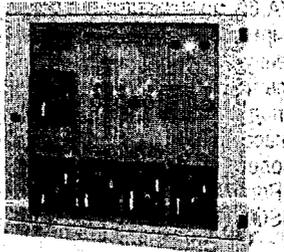


Рис. 3. Стационарный комплекс виброконтроля KBK-21 [4]

К этому же классу приборов относится и анализатор диагностический портативный АДП-3101 производства фирмы «Инкотес» (г. Нижний Новгород), имеющий 4 виброизмерительных канала, 2 канала ввода параметрических данных, вход для оптических и индукционных датчиков частоты вращения, а также USB шину для работы в компьютерной сети.

Следует отметить, что российские приборы и программное обеспечение, как правило, имеют достаточно узкую специализацию (диагностика подшипниковых узлов компрессоров, турбин, механических приводов) и ориентированы на промышленную диагностику. В исследовательских целях их применение затруднено наличием жестких алгоритмов которые исключают возможность изменения программной конфигурации вычислительных средств для решения новых задач анализа и управления экспериментом [1].

В ходе анализа установлено, что практически все аппаратно-программные средства позволяют производить качественное измерение виброакустического сигнала по нескольким каналам, обеспечивая при этом значения динамического диапазона от 65 до 100 дБ, частотного – до 65000Гц. Функции анализатора сигнала рассмотренных образцов способны охватить такие возможности, как спектральный и кедральный анализ, синхронный анализ сигналов, анализ амплитудных и фазовых модуляций, статистический анализ сигналов. При этом полный набор данных функций не реализован ни на одном из перечисленных аппаратно-программных комплексов. Кроме того, обоснованная необходимость использования для диагностики механических приводов такого информативного метода, как время-частотный анализ (ВЧА), не нашла применения ни на одном из образцов. Проведение ВЧА является чаще всего некоторой опциональной возможностью некоторых программных средств [5].

Комплексные методы и средства виброакустического контроля. В гамме зубообрабатывающего оборудования ведущих производителей машиностроительной продукции прочное место в последние годы занимают контрольно-измерительные автоматизированные центры, использующие комплексные методы и средства виброакустического контроля, например, в ряде продукции фирмы Klingelberg [5].

Концепция данного типа оборудования (например, Klingelberg Oerlikon T 60) предполагает в конструкции механической части станка электропривод с бесступенчатым регулированием частот вращения в пределах 10-3000 об/мин, регулирование нагрузки на выходном валу от 0 до 200 Нм, регулирование межцентрового расстояния в широком диапазоне, крепление и базирование контролируемых зубчатых колес на специальных

оправках, оснащение современными высокоточными преобразователями параметров угловых вибраций, угловых перемещений валов, шума.

О возможностях Klingelberg Oerlikon T 60 говорит ряд контролируемых на нём параметров: ошибка свободного вращения шестерни и колеса; проверка положения, формы и размеров пятна контакта; проверка кинематических параметров в однопрофильном зацеплении; анализ механического шума путем измерения на шестерне и колесе; определение монтажного расстояния; измерения при разгоне для определения оптимальных параметров и условий тестирования; автоматическое протоколирование; автоматическое нанесение красящего вещества и т.д.

На территории СНГ контрольно-обкатные станки представлены лишь ограниченным числом моделей (СЗ-14, 5А725, 5А726, 5А727). Станки предназначены для контроля обкатки зубчатых пар различного вида. При контроле зубчатых пар определяется величина и расположение пятна контакта, величина бокового зазора в паре и уровень шума, создаваемого контролируемой парой [5].

Однако в гамме продукции отечественных производителей станков данный вид продукции отсутствует.

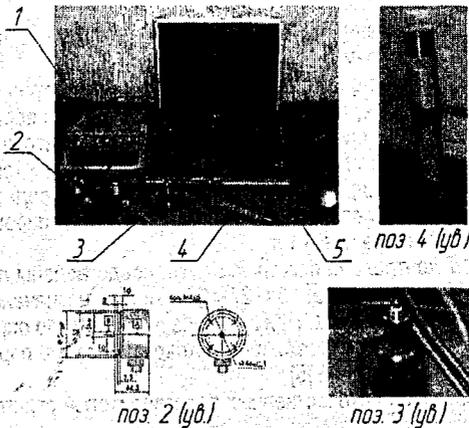
Средства диагностики и направления исследований в Республике Беларусь. Мировые тенденции развития данного научного направления, наличие развитого машиностроения обусловили необходимость подобных исследований и в Республике Беларусь.

Так, в Белорусском университете информатики и радиоэлектроники разработан модуль цифровой обработки сигналов AT-DSP-001, представляющий собой электронную плату для компьютера и предназначенную для обработки данных по алгоритмам цифровой фильтрации и быстрого преобразования Фурье. Там же разработан «Многофункциональный контрольно-диагностический комплекс непрерывного вибрационного контроля турбоагрегатов», который представляет собой трехканальный виброметр, сигнализирующий о превышении некоторого предельного уровня вибраций на подшипниковом узле.

В ИМИНМАШ НАН Беларуси созданы и совершенствуются микропроцессорные диагностические комплексы «Вибротест-2000» и «ВАТСОН», обладающие рядом достоинств по сравнению с рассмотренными выше системами. Разработки подобного типа имеются также в Институте технической кибернетики, Институте электроники НАН Беларуси [1].

Благодаря тесному сотрудничеству специалистов Брестского государственного технического университета (БрГТУ) и Белорусского государственного университета (БГУ) в области получения и обработки измерительной информации создано современное комплексное аппаратно-программное оснащение для исследования и диагностики механических систем (см. рис. 4) [6, 7].

Комплекс представляет собой компактный измерительный модуль - многоканальный регистратор и анализатор сигналов, позволяющий производить качественное измерение, преобразование, хранение, анализ данных о параметрах вибрации, шума, угловых перемещений и упругих деформаций механических систем. Измерительный модуль выполнен на современной элементной базе и работает под управлением компьютера, связь с которым осуществляется посредством интерфейса USB 2.0. Учитывая технический уровень современных компьютеров, система способна осуществлять значительный объем вычислительных действий, что позволяет одновременно производить измерение, обработку и отображение в нужном виде данных одновременно по 8 каналам. Глубина анализа получаемых сигналов при использовании комплекса определяется сложностью потенциальных задач при использовании системы. При этом ее функциональные возможности определяются не только совершенством аппаратной части, но и новыми оригинальными алгоритмами обработки измерительной информации с использованием легко адаптируемого к новым измерительным задачам программного обеспечения [7].



1- аппаратный блок; 2 - преобразователь угловых перемещений ЛИР - 158Б.000ПС1;
 3 - виброакселерометр АР98-100-1; 4 - микрофон с капсулем М101; 5 - ПЭВМ
 Рис.4. Аппаратно-программный комплекс для исследования и диагностики механических приводов

Проведенные в ходе апробации комплекса [5, 6, 7, 8] экспериментальные исследования показали, что помимо качественной реализации стандартных, регламентированных нормами ГОСТ или ISO функций измерения и анализа измерительных данных, делающих систему высокоэффективным метрологическим инструментом, в ней также предусмотрен и ряд оригинальных, новых функций для использования ее в целом ряде случаев в качестве уникального средства исследований и диагностики механических систем. К последним относятся: алгоритмы преобразования сигналов, позволяющие осуществлять трехмерное представление процессов в виде время-частотных характеристик, существенно повышающих информативность контроля и диагностики на нестационарных режимах работы передач по сравнению с широко используемым в подобных системах преобразованием Фурье; алгоритмы синхронных измерений и преобразований сигналов, позволяющие извлекать из общего сигнала составляющие колебательного процесса, генерируемые отдельными элементами привода; новые алгоритмы обработки колебательных процессов; фиксируемых с тензометрических датчиков и некоторые другие, обуславливающие широкие области практического применения комплекса.

Заключение. Проведенный краткий анализ подтверждает большую перспективность развития средств и способов контроля зубчатых передач. Можно констатировать следующие основные направления исследовательских и конструкторских работ: построение средств обработки информации на базе микропроцессоров или портативных ПЭВМ; агрегатирование и миниатюризация вибродиагностической аппаратуры; создание требуемого программного обеспечения; разработка методик диагностирования механических систем.

Из перечисленных направлений применительно к исследуемым зубчатым передачам первоочередными являются: создание методического и программного обеспечения для получения новых высокоинформативных представлений данных о виброакустических параметрах и внедрение их в состав функций разрабатываемых комплексов, что позволит достигнуть существенных преимуществ по сравнению с известными диагностическими приборами и повысить достоверность инструментальной оценки механических приводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новые методы экспериментального определения критериальных параметров динамических систем приводных механизмов: Монография / Я.О. Берестнев, Н.Н. Ишин. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 117с.
2. Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. – СПб.: Изд. Центр СПбГМУ, 2000. – 169 с.
3. Барков А.В., Баркова Н.А. Интеллектуальные системы мониторинга и диагностики машин по вибрации. - <http://www.vibrotek.com/russian/bio/anb.htm>
4. <http://www.vibrotek.ru>
5. Выявление взаимосвязей показателей качества зубчатых колес и возникающих при их работе явлений для установления критериев оценки технического состояния и технических требований к системам сбора и обработки информации при проведении контроля. Отчет о научно-исследовательской работе (Промежуточный) / БрГТУ / Драган А.В. / № ГБ 06/615 / № госрегистрации 20062631. – Брест, 2006. – 43 с.
6. Драган А. В. Диагностика технического состояния прямозубых зубчатых передач с использованием современных средств кинематического контроля: Дис....канд. техн. наук 05.02.02/ИНДМАШ НАН Беларуси. – Минск, 2000. – 145 с.
7. 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.
8. Alexander V.Dragan, Andrew S. Scorohodov, Vera S. Alexandrova Kinematic Criteria of Smoothness of Work of Cylindrical Gear Wheels // Proceedings of the 11th World Congress in Mechanism and Machine Science, Tianjin university, 1-4 april 2004 / Edited by Tian Huang. – Tianjin (China), 2004. – Vol. 2. – P. 773-776.

УДК 519.714.7

Сковородкин С.В.

Научный руководитель: Тузик И.В.

ЗАДАЧА О НАХОЖДЕНИИ МИНИМАЛЬНОЙ БИНАРНОЙ ДИАГРАММЫ РЕШЕНИЙ

В программировании один из этапов разработки программы – это её тестирование. Для составления тестовых вариантов, позволяющих протестировать работу программы, используется потоковый граф. Потоковый граф (см.[2]) представляет собой структуру, аналогичную блок-схеме, однако принципиально отличается от блок-схем представлением условий.

Потоковый граф обладает рядом особенностей:

- С помощью потокового графа можно проверить все варианты работы программы.
- Потоковый граф состоит из операторных и предикатных узлов. Из предикатных узлов выходит две дуги, а из операторных одна дуга. Ряд подряд идущих линейных операторов заключается в один операторный узел, а условия заключаются в предикатные узлы, при этом каждый из таких узлов содержит только одно простое условие.
- Предикатные узлы соответствуют простым условиям в программе. Сложное условие необходимо разбить на ряд простых условий. В случае разбиения сложного условия на простые возникает структура, состоящая из ряда предикатных узлов. Эта структура представляется в виде бинарной диаграммы решений (БДР).

Такая структура будет являться правильной, но не оптимальной, так как в большинстве случаев её можно будет минимизировать.

Пример представления сложного условия в виде предикатных узлов: имеем сложное условие вида «А или В»:

If A or B then p1

Else p2;

Его представление с использованием только простых условий может иметь следующий вид:

If A then

If B then p1

Else p1

Else

If B then p1

Else p2;

Однако это представление можно максимально упростить (а соответствующую ему БДР - минимизировать, то есть сократить в ней количество вершин):

If A then p1

Else

If B then p1

Else p2;

Либо, как вариант, возможна такая запись:

If A then f:=True

Else f:=B;

If f then p1

Else p2;

БДР булевой функции N переменных $f(v_1, \dots, v_n)$ представляет собой дерево со следующими свойствами:

- Вершины соответствуют переменным, от которых зависит функция, и расположены по уровням. Каждому уровню соответствует одна переменная.

- Из каждой вершины выходит две дуги. Одна соответствует нулевому значению переменной, а вторая - единичному.

- БДР имеет 2^N листьев, каждый из которых соответствует одному из значений функции.

Суть задачи о минимизации БДР состоит в том, чтобы минимизировать число вершин в БДР. При этом порядок расположения вершин по уровням может быть произвольный.

Существует ряд алгоритмов нахождения минимальной БДР. Один из них, описанный в [1], состоит в следующем. Для фиксированного порядка расположения переменных по уровням:

1. Строим полную БДР.

2. Двигаясь по уровням сверху вниз, для каждого уровня выполняем 2 действия:

- a) находим вершины, от прохождения которых не зависит значение функции, и удаляем их;

- b) находим одинаковые поддеревья и из нескольких одинаковых оставляем одно.

3. Приводим БДР к конечному виду (для заданного порядка переменных она будет содержать минимальное число вершин).

4. Меняем порядок переменных и выполняем шаги 1-3 для нового порядка расположения переменных по уровням. Эти действия выполняем для всех возможных перестановок переменных, от которых зависит функция.

5. Выбираем тот порядок расположения переменных по уровням, который будет оптимальным (т.е. при котором БДР функции будет содержать минимальное количество вершин), если же таких вариантов несколько, то выбираем любой из них.

В данной работе автором предлагается модификация этого алгоритма, основанная на минимизации количества дуг в БДР функции. Ниже приводится описание работы этого модифицированного алгоритма, с учетом его программной реализации.

1. Проводим проверку функции на фиктивность переменных.

2. Если все переменные фиктивны, то решением будет являться любой из наборов переменных по уровням, иначе избавляемся от фиктивных переменных (если таковые

имеются) и переходим к следующему шагу.

3. Переменной N присваиваем количество переменных, от которых зависит функция.

4. Переменной Min , которая будет содержать в себе число ветвей минимальной БДР, присваиваем количество ветвей полной БДР. Для функции N переменных эта величина рассчитывается по формуле:

$$\sum_{i=1}^N 2^i = 2^{N+1} - 2, \quad (1)$$

следовательно, $Min = 2^{N+1} - 2$;

5. Находим количество ветвей для минимизированной БДР (при текущем порядке расположения переменных по уровням) по следующему алгоритму:

Переменной $Count$, которая будет содержать число ветвей БДР, присваиваем то же значение, что и переменной Min в пункте 4.

Строковой переменной S присваиваем значения заданной функции N переменных: $S[1]=f(0, \dots, 0)$, $S[2]=f(0, \dots, 0, 1)$, ..., $S[2^N]=f(1, \dots, 1)$. Например, для функции, представленной на рисунке 1, переменная $S = '10100110'$.

Для дальнейшего описания алгоритма введем два определения.

Определение 1. Две идентичные по своей структуре поддиаграммы, корни которых являются концами нулевой и единичной дуг одной и той же вершины любого уровня, будем называть «соседями».

Определение 2. Две идентичные по своей структуре поддиаграммы, корни которых являются концами дуг двух различных вершин одного и того же уровня, будем называть «не соседями».

На рисунках нулевые дуги подписаны словом «ложь», а единичные – словом «истина».

Двигаясь по уровням сверху вниз, начиная со 2-ого уровня (т.к. на первом уровне листья «соседей» не могут быть равны, потому что в пп.1-2 была проверка на фиктивность переменных), выполняем следующие действия:

а) Обрабатываем на i -м уровне одинаковые наборы, образованные значениями листьев «соседей», записав их в строковые переменные A и B .

В этой части алгоритма используем символ '-' (или любой другой символ, отличный от '0' и '1'), чтобы заменять им каждый символ в A или каждый символ в B , в случае, когда $A=B$. Присутствие в A или B символа '-' означает, что поддиаграммы, соответствующие позициям символа '-' в строке S , выбывают из рассмотрения как избыточные.

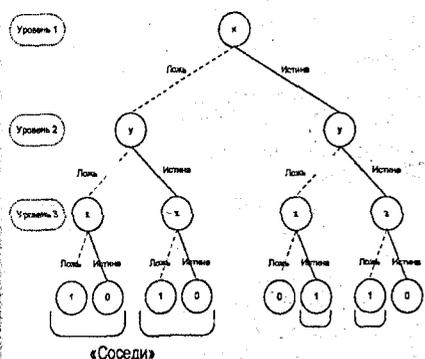


Рис.1

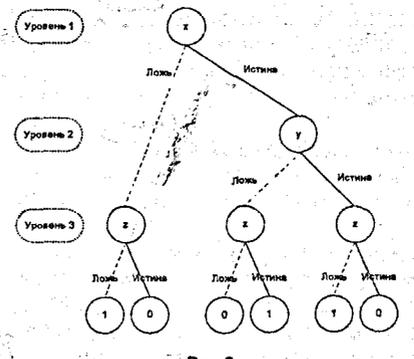


Рис.2

Если значения листьев «соседей» одинаковы (т.е. $A=B$) и в A и B нет символа '-', то «выбрасываем» избыточные поддиаграммы (записывая в соответствующие позиции

строки символ '-'). Тогда количество ветвей в БДР становится равным

$$\text{Count} = \text{Count} - 2^{N+i-1}, \quad (2)$$

где i – уровень, на котором ведется сравнение, а в строке S часть значений, соответствующая либо переменной A , либо переменной B , оказывается замененной символами '-'.
 Например, на рисунке 1 видно, что на втором уровне есть «соседи» с идентичными значениями функции, следовательно, после удаления избыточных узлов, строка S примет вид '10-0110', а БДР будет выглядеть так, как представлено на рис. 2.

Используя такой подход, перебираем все «соседние» значения функции на i -ом уровне и в случае необходимости используем формулу (2).

б) Обрабатываем на i -м уровне одинаковые наборы, образованные значениями листьев «не соседей».

В случае, если текущий уровень не равен N (т.к. на уровне N , шаг 5б) уже не нужен) и такие наборы найдены, и если ни один из найденных наборов не состоит полностью из единиц или нулей (потому что такие наборы упрощаются на шаге 5а) на уровнях, ниже текущего, делаем замену соответствующих поддиаграмм одной эквивалентной. Это означает, что число ветвей становится равным

$$\text{Count} = \text{Count} - (2^{N+i-1} - 2), \quad (3)$$

где i – уровень, на котором сравниваем значения листьев «не соседей», а в строке S все символы одного из сравниваемых наборов оказываются замененными символом '-'.
 Строка S в нашем примере примет вид $S='10-01-'$, а соответствующая БДР показана на рис. 3.

Таким образом, двигаясь по уровням сверху вниз и используя формулы (2) и (3), мы получаем число ветвей, которое будет соответствовать минимизированной БДР для данного порядка переменных.

6. Сравниваем полученное число Count с Min , и если $\text{Count} \leq \text{Min}$, тогда значению Min присваиваем значение Count : $\text{Min} = \text{Count}$

7. Если ещё есть порядки расположения переменных по уровням, для которых мы ещё не находили число ветвей минимизированной БДР, то текущему порядку расположения переменных по уровням присваиваем следующий порядок расположения переменных по уровням и пересчитываем для него значения функции.

Иначе ответом будет являться тот порядок расположения переменных по уровням, которому соответствует минимальное количество ветвей (Min).

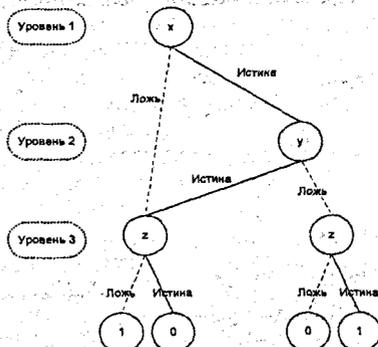


Рис. 3

Новому порядку расположения переменных по уровням будет соответствовать таблица значений R , а исходному порядку $f(v_1, \dots, v_n)$ будет соответствовать таблица A . Если для нового порядка расположения переменных по уровням переменной первого

уровня будет соответствовать переменная v_i , $i = \overline{1, N}$, то первому столбцу таблицы R присвоим значения i -ого столбца таблицы A. Аналогичные действия проведём для остальных $N-1$ столбцов таблицы R. Затем, когда всем столбцам будут присвоены значения, вычислим значения функции для нового порядка расположения переменных: для i -ой строки, $i = \overline{0, N-1}$, запишем слева направо значения её переменных, образуя, таким образом, число в двоичной форме записи. Затем переводим это число в десятичную форму записи и получаем номер строки j ; $j = \overline{0, N-1}$, которая будет содержать значение функции для строки i , таблицы R, в столбце значений таблицы A.

Предложенный алгоритм позволяет найти порядок расположения переменных по уровням, при котором БДР будет минимальной. Алгоритм имеет экспоненциальную сложность, как и другие существующие в данное время алгоритмы решения этой задачи (см. [1], [3]). Данный алгоритм не является универсальным средством решения задач данного типа, т.к. он ограничен вычислительной мощностью компьютера, а также имеет ограничения, связанные со средой разработки программ, в которой реализуется алгоритм.

Алгоритм может быть применён при автоматизированной оптимизации структуры программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов, Ю.Г. Теория автоматов/ Ю.Г. Карпов – СПб.: Питер, 2002.
2. Орлов, С.А. Технологии разработки программного обеспечения. Учебное пособие. / С.А. Орлов. – СПб.: Питер, 2003.
3. Prasad, P.W.C. Binary Decision Diagrams: An Improved Variable Ordering using Graph Representation of Boolean Functions/ P.W.C. Prasad, A.Assi, A. Harb, V.C. Prasad – International Journal of Computer Science Volume 1 Number 1.

УДК 621.9.06

Рудюк А.Н.

Научный руководитель: доцент Горбунов В.П.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДАЧИ ВИНТ-ГАЙКА КАЧЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ В СТАНКАХ С ЧПУ

В настоящее время одной из основных целей в технологии механической обработки является достижение требуемой точности изготовления деталей: точность её размеров, формы, взаимного расположения и шероховатость поверхности. К тому же ужесточились и сами параметры точности. Данные параметры точности обработки деталей формируются точностью самого станка, а именно – геометрической точностью, кинематической точностью, жёсткостью и точностью позиционирования.

В автоматизированном производстве наибольшее значение имеет использование станков с ЧПУ, где точность обработки должна обеспечиваться автоматически за счёт точного перемещения рабочих органов станка, использования систем автоматического управления и других факторов [3].

Точность координатных перемещений на станках с ЧПУ характеризуются точностью позиционирования $\Delta_{\text{поз}}$, под которой понимается отклонение действительного положения рабочего органа станка X от запрограммированного $X_{\text{прог}}$ при его многократном двухстороннем позиционировании в различных точках по пути его перемещения по одной из координатных осей [2]. Точность позиционирования формируется всем комплексом станка с ЧПУ (его механической частью и системой управления) и зависит от многих факторов: погрешности блоков и элементов устройства ЧПУ, погрешности привода подач, геометрических погрешностей станка, погрешностей измерительных преобразований и др.

В большей степени оказывают влияние погрешности привода подач, которые формируются двигателем, передаточными механизмами, тяговым устройством.

В современных конструкциях приводов подач стремятся сокращать передаточные механизмы или вообще исключить их, тогда структура привода будет состоять из двигателя (чаще всего следящий двигатель постоянного тока) и тягового устройства.

Тяговые устройства, используемые в станках с ЧПУ, должны обладать следующими характеристиками: высокий к.п.д.; низкий коэффициент трения; постоянство скорости; чувствительность к малым перемещениям; регулируемость натяга и зазора и др. Этим параметрам отвечает передача винт-гайка качения (ВГК) (рис. 1).

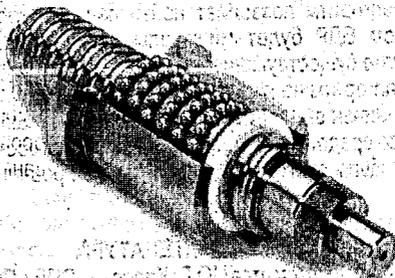


Рис. 1. Передача винт-гайка качения

На точность координатных перемещений влияют следующие характеристики тягового устройства:

1. Точность изготовления составляющих передачи винт-гайка качения;
2. Точность установки;
3. Жёсткость конструкции.

Суммарная погрешность передачи винт-гайка качения $\Delta_{\text{тг}}$ представляет собой в общем виде функцию от всех перечисленных параметров и может быть записана следующим образом:

$$\Delta_{\text{тг}} = f(\Delta_{\text{в}}; \Delta_{\text{г}}; \Delta_{\text{оп}}; \Delta_{\text{д}}; \Delta_{\text{уст}}) \quad (1)$$

- где $\Delta_{\text{в}}$ – погрешность изготовления винта;
 $\Delta_{\text{г}}$ – погрешность изготовления гайки;
 $\Delta_{\text{оп}}$ – погрешность изготовления опор;
 $\Delta_{\text{д}}$ – погрешность, вызванная упругими деформациями;
 $\Delta_{\text{уст}}$ – погрешность установки.

Точность изготовления передачи ВГК определяется классом точности станка (Н, П, В, А, С – ГОСТ 8-81), для которого устанавливается свое допустимое значение $\Delta_{\text{тг}}$.

В свою очередь все передачи винт-гайка качения имеют свой класс точности, который определяется ошибкой шага винта.

В зависимости от точности шага винты делят по классам:

- по ISO 3408: IT1; IT3; IT5; IT7; IT10;
- по DIN 69051: 5; 10; 25; 50; 100; 200;
- 0, 1, 2, 3 (отечественные ходовые винты).

Обычно рассматривается накопленная ошибка шага и внутришаговая ошибка. Накопленная ошибка шага – это абсолютная величина разности между фактическим перемещением гайки вдоль оси винта и номинальным перемещением, кратным шагу винта.

Внутришаговая ошибка – это величина размаха отклонения фактического перемещения гайки вдоль оси винта от номинального перемещения, соответствующего заданному углу поворота в пределах одного шага передачи.

Существуют различные способы нормирования точности передачи ВГК:

1. Накопленная ошибка шага V_{300P} в пределах основной базовой длины $l=300$ мм;
2. Накопленная ошибка шага $V_{2ПР}$ в пределах хода винта равного 2п оборота;
3. Линейная зависимость (накопленная ошибка шага на заданной длине) [3]:

$$V_{IP} = 0,01 + 0,01 \cdot \frac{l}{1000} \quad (2)$$

где l – длина перемещения рабочего органа, мм.

Значение накопленной ошибки шага V_{300P} используется в основном в процессе эксплуатации передачи при непосредственной обработке деталей на станке. Но значение базовой длины $l=300$ мм не является аксиомой. Так, например, в станке МС12-250 максимальное перемещение стола составляет 250 мм, а в обрабатывающем центре ИР300-320 мм, поэтому для таких станков целесообразнее вводить показатель точности на меньших длинах – V_{50P} , V_{100P} , V_{150P} .

В свою очередь – накопленная ошибка шага $V_{2ПР}$ более точная характеристика и поэтому используется для закладки точности винта и всей передачи винт-гайка качения.

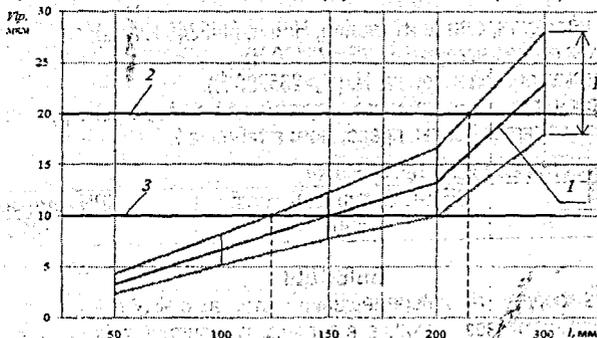
Линейная зависимость (2) позволяет рассчитывать погрешность позиционирования на длинах, отличающихся от базовой длины: 50 мм, 100 мм, 150 мм и т.д.

Рассчитаем значения погрешности и результат отобразим в таблице 1.

Табл. 1. Накопленная ошибка шага

Показатель	V_{50P}	V_{100P}	V_{150P}	V_{200P}	V_{250P}
Длина перемещения рабочего органа, мм	50	100	150	200	250
Накопленная ошибка шага, мкм	3,3	6,7	10	13,3	23

По данным расчёта построим график допустимой погрешности перемещения с учетом накопленной ошибки шага V_{IP} и допустимого рассеивания P_s погрешности позиционирования с учетом класса точности станка (Π) и величины перемещения l [2] (рис. 2).



- 1 – накопленная ошибка шага; 2 – накопленная ошибка шага V_{300P} для 2 класса точности винта; 3 – накопленная ошибка шага V_{300P} для 1 класса точности винта

Рис. 2. Допустимая погрешность перемещения

По графикам видно, что для больших перемещений (например > 250 мм) целесообразнее использовать V_{300P} , а для малых перемещений – V_{IP} .

Также на точность координатных перемещений влияет жёсткость механизмов ВГК. Данная характеристика формируется в первую очередь конструкцией механизма гайки и величиной регулируемого натяга.

По профилю резьбы различают: полукруглый – наиболее распространённый в станкостроении; арочный – образуется из двух арок окружности (арочный профиль позволяет осуществлять передачу без зазора или с натягом за счет применения шариков, диа-

метр которых несколько больше номинального).

По устройству возврата шариков различают: канал возврата шариков представляет собой изогнутую трубку, в которую шарики направляются и переходят на предыдущий виток вне гайки; канал возврата сверлится вдоль гайки и соединяется с началом первого и концом последнего витка резьбы короткими каналами, профрезерованными в торцовых шайбах гайки; каналом возврата шариков служит специальный вкладыш, вставляемый в окно гайки и соединяющий два соседних витка.

По метода регулирования натяга: регулируется относительное осевое расположение гаек при их неизменном угловом положении; создается постоянный технологический натяг в одной гайке.

В настоящее время наиболее используемыми передачами являются: DIN 69051, SEM-E-C фирмы Rexroth, HBN компании THK.

Приведем пример расчета для винта диаметром $d_0=50$ мм, шагом $p=10$ мм, по схеме закрепления, когда один конец винта жестко закреплен, а второй «плавающий» и при тяговой силе равной 6050 Н.

Жесткость гайки DIN 69051 определяем по следующей формуле [3]:

$$J_{\text{ВГК}} = 6 \cdot k_g \cdot u \cdot \left(\frac{d_0}{p} - 1 \right) \cdot \sqrt{0,1 \cdot P_H \cdot p}, \quad (3)$$

где $k_g=0,3...0,5$ – коэффициент, учитывающий погрешности изготовления гайки, а так же деформации в винтовом механизме и во всех его стыках;

P_H – величина силы натяга, Н;

u – число рабочих витков, ($u=4$).

Жесткость гайки SEM-E-C фирмы Rexroth определяем по каталогу производителя [4].

Жесткость гайки HBN компании THK определяем по формуле [5]:

$$J_{\text{ВГК}} = J \cdot \left(\frac{F_a}{0,3 \cdot C_a} \right)^{1/3} \cdot 0,8, \quad (4)$$

где J – значение жесткости, взятое из таблиц, Н/мкм, ($J=2345$ Н/мкм);

F_a – статическая осевая нагрузка, Н, ($F_a=73100$ Н);

C_a – динамическая осевая нагрузка, Н, ($C_a=235700$ Н).

Результаты расчетов, которые могут служить для выбора конструкции передачи DUR в зависимости от тяговой силы, представим в таблице 2:

Табл. 2. Жесткость механизма гайки, Н/мкм

DIN 69051	SEM-E-C фирмы Rexroth	HBN компании THK
368,5	590	1896

Выводы

1. На точность координатных перемещений в станках с ЧПУ оказывают существенное влияние погрешности, возникающие в тяговом устройстве, а именно, в передачах ВГК, которые зависят от класса точности винта и жесткости механизма гайки.

2. Целесообразно использовать стандартные и обобщенные показатели для определения класса точности винта и значения накопленной погрешности шага для больших перемещений рабочего органа станков с ЧПУ (более 300 мм), а для станков с малыми величинами перемещения можно рекомендовать пользоваться полученной зависимостью.

3. Результаты расчета ВГК на жесткость показали, что гайка HBN компании THK обладает наибольшей жесткостью (1896 Н/мкм), следовательно ее рекомендовано использовать в станках с большими нагрузками и тяговыми силами. Гайку SEM-E-C фирмы Rexroth (590 Н/мкм) можно применять в специальных и универсальных станках с умеренными тяговыми силами. Гайка DIN 69051 обладает наименьшей жесткостью (368,5 Н/мкм), поэтому ее рекомендуется применять в станках с малыми нагрузками (отделочные).

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов В.П., Григорьев В.Ф. Баланс погрешностей выходного параметра многоцелевого станка в системе привода подач – подвижный орган// Вестник БрГТУ – Машиностроение, автоматизация, ЭВМ. – 2002; - № 4(16). – с 4-7.
2. Григорьев В.Ф., Горбунов В.П. Методические указания к лабораторной работе «Измерение точности позиционирования рабочих органов станков с ЧПУ» – БрГТУ, 2000.
3. Кордыш Л.М. и др. Исполнительные механизмы приводов подач подвижных узлов металлорежущих станков. Обзор. – М., НИИмаш, 1980.:
4. Шариковинтовые приводы Rexroth. Концевые опоры и корпуса гаек./ R310RU 3301 (2006.02)
5. Шариковинтовые приводы THK. / CATALOG No. 003-1EU.

УДК 621.9.06

Рудюк А.Н.

Научный руководитель: доцент Григорьев В.Ф.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НАПРАВЛЯЮЩИХ КАЧЕНИЯ АГРЕГАТНОГО СТАНКА НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Привод подачи предъявляет определённые требования к направляющим исполнительного механизма: низкий коэффициент трения; высокая жёсткость в направлении, перпендикулярном направлению подачи, высокое демпфирование; высокая износостойкость [1].

В агрегатных станках с программным управлением благодаря своим характеристикам широкое распространение получили направляющие качения, так как они обеспечивают наивысшую точность координатных перемещений рабочих органов.

Направляющие качения имеют следующие основные достоинства:

- малый коэффициент трения (0,003—0,005);
- практическая независимость коэффициента трения от скорости подачи рабочего органа (исключается прерывистое движение в конце хода рабочего органа);
- незначительный износ тел качения и направляющих элементов.

Низкое сопротивление движению обеспечивает равномерность медленных перемещений, долговечность при интенсивном использовании подвижного органа длительное время и снижение мощности электродвигателя подачи.

У направляющих с опорами качения можно выделить следующие основные разновидности [2]:

- подшипниковые опоры;
- направляющие планки или кольца с телами качения, удерживаемые сепараторами;
- «танкетки» с возвратом тел качения.

Широкое применение получили опоры качения в виде так называемых «танкеток», в которых тела качения циркулируют по замкнутой траектории. Танкетка является самостоятельным узлом, который крепится к подвижному органу станка. Эти опоры применяются в паре с закалёнными и шлифованными накладными стальными направляющими, которые характеризуются высокой нагрузочной способностью, жёсткостью и износостойкостью.

На точность обработки наиболее существенное влияние оказывают такие показатели направляющих, как жёсткость и долговечность.

При проектировании привода подач агрегатного станка для фрезерной обработки блока цилиндра было рассмотрено три наиболее распространённые конструкции направляющих качения: Rexroth 1851-35 (рис. 1, а); THK SNR35 RH (рис. 1, б); THK SC 35UU (рис. 1, в).

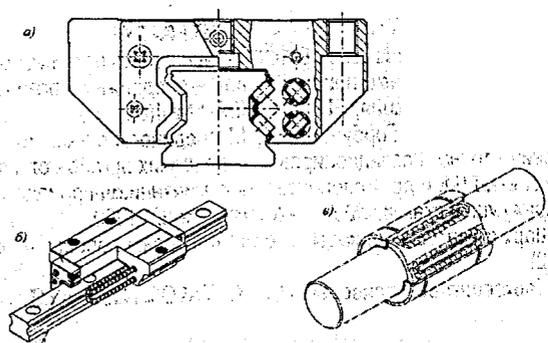


Рис.1. Рассматриваемые конструкции направляющих качения

На рис.2 изображена схема обработки блока цилиндра торцевой фрезой.

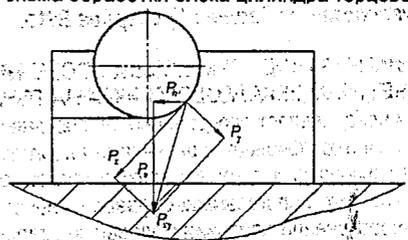


Рис. 2. Схема обработки

По данной схеме видно, что на направляющие действует две составляющие силы резания (вертикальная и горизонтальная). Горизонтальная сила направлена по направлению движения стола, поэтому данная сила не играет существенной роли для выбора конструкции направляющих. Определим вертикальную силу, действующую на направляющие:

$$F = P_v + G, \quad (1)$$

где F – результирующая вертикальная нагрузка, Н;

P_v – вертикальная составляющая силы резания ($P_v = 7550$ Н);

G – сила тяжести ($G = 24094$ Н).

$$F = 24094 + 7550 = 31644 \text{ Н}$$

Показатели жёсткости, грузоподъёмности и стоимости определим по каталогам производителей [3, 4] и занесем результаты в таблицу 1:

Табл.1. Параметры направляющих качения

	Статическая грузоподъёмность, Н	Динамическая грузоподъёмность, Н	Жёсткость, Н/ммк	Стоимость, у.е.
Rexroth 1851-35	113500	56300	555	800
THK SNR35 RH	110000	68700	580	845
THK SC 35UU	25650	13820	500	430

По этим показателям мы видим, что по жёсткости и грузоподъёмности лидируют шариковые направляющие качения THK SNR35 RH; а у круглых направляющих очень низкая грузоподъёмность, что вызвано консольным креплением самой круглой направляющей.

Долговечность является не менее важным параметром для направляющих. Так, износ направляющих приводит к искажению траектории движения рабочих органов станка, что приводит к погрешности обработки.

Произведём расчёт долговечности для выбранных конструкций [3]:

Для направляющих фирмы Rexroth расчёт на долговечность производится по формулам:

$$L_n = \frac{L}{2 \cdot s \cdot n \cdot 60} \quad (2)$$

где L – долговечность, м;
 s – длина рабочего хода ($s=2,5$ м);
 n – число ходов в минуту ($n=0,08$ мин⁻¹).

$$L = \left(\frac{c}{F}\right)^{10/3} \cdot 10^5, \quad (3)$$

где c – динамическая грузоподъёмность, Н;
 F – сила, действующая на направляющие, Н.

Для направляющих фирмы THK расчёт на долговечность отличается от Rexroth лишь при определении L [4]:

$$L = \left(\frac{c}{F}\right)^3 \cdot 50, \quad (4)$$

Результаты расчёта на долговечность отобразим в виде таблицы 2:

Табл. 2. Показатели долговечности направляющих качения.

	Rexroth 1851-35	THK SNR35 RH	THK SC 35UU
L , м	680000	510000	41000
L_n , час	27500	21250	1700

По расчётам видно, что по долговечности лидируют роликовые направляющие, а круговые направляющие в этом показателе значительно уступают, это связано с небольшой грузоподъёмностью.

Сравнительный анализ конструкций направляющих представим в виде гистограммы (рис. 3).

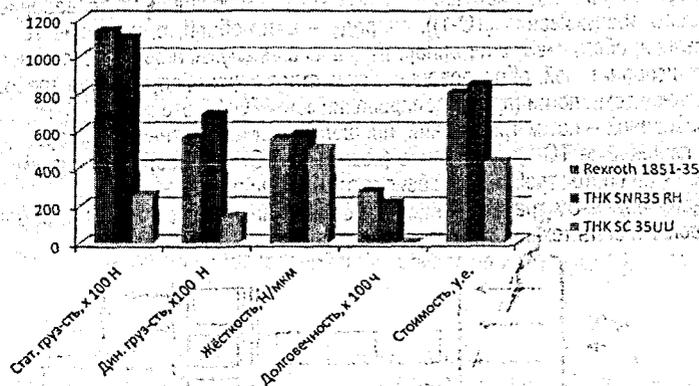


Рис. 3. Анализ конструкций направляющих качения

Выводы

На основании произведённого анализа можно рекомендовать для проектируемого привода подачи использовать направляющие Rexroth 1851-35, так как данная конструкция обладает допустимой жёсткостью 555 Н/мм, не самой высокой стоимостью и значительно высокой долговечностью, что очень важно для агрегатных станков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кордыш Л.М. и др. Исполнительные механизмы приводов подач подвижных узлов металлорежущих станков. Обзор. – М., НИИмаш, 1980.
2. Кочергин А.И. Конструирование и расчёт металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1991.
3. Роликовые рельсовые направляющие Rexroth. – RRS 82 302/2005.
4. Системы линейных перемещений THK. – CATALOG No.001 – 1EU.

УДК 629.083

Концевич П.С.

Научный руководитель: зав. кафедрой ТЭА, к.т.н., доцент Монтик С.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗОНЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Определение оптимального количества постов для автотранспортных предприятий является важной задачей, так как неправильный выбор их количества может привести к неполной загрузке зон и участков или к необходимости ожидания автомобилями обслуживания. В последнем случае из-за простоев автомобилей снижается их коэффициент технической готовности, что в свою очередь приводит к снижению производительности.

Рассмотрим методику оптимизации зоны технического обслуживания (ТО) с использованием системы массового обслуживания на примере зоны ТО-1 для 70 автомобилей МАЗ-555102, эксплуатируемых в умеренно-теплом влажном климатическом районе.

Системами массового обслуживания (СМО) называют системы, в которых случайными являются моменты поступления требований на обслуживание и продолжительность самих обслуживаний [1].

Система массового обслуживания состоит из следующих элементов (рис.1) [1,2]: входящий поток требований – это совокупность требований к СМО на проведение определенных работ (при моделировании зоны ТО-1 – это требования на проведение первого технического обслуживания (ТО-1)); очередь – автомобили, ожидающие технического обслуживания; обслуживающие аппараты (каналы обслуживания) – совокупность рабочих мест, исполнителей, оборудования, осуществляющих обслуживание требований по определенной технологии (при моделировании зоны ТО-1 – это посты ТО-1); выходящий поток требований – поток требований, прошедших СМО (в данном примере – это автомобили, прошедшие ТО-1); замыкание (возможное) СМО – состояние системы, при котором входящий поток требований зависит от выходящего.

На автомобильном транспорте после обслуживания требований (ТО, ремонт) автомобиль должен быть технически исправным.

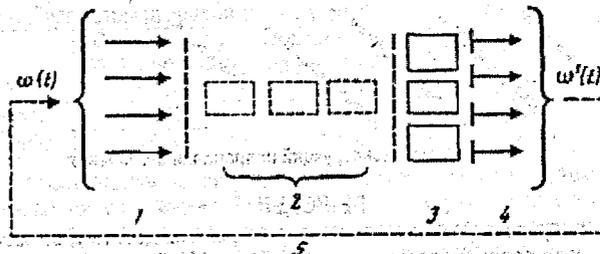


Рис. 1 Общая схема системы массового обслуживания (1 – входящий поток требований, 2 – очередь, 3 – обслуживающие аппараты, 4 выходящий поток, 5 – замыкание)

Расчет производственных помещений, оборудования, штата рабочих, т.е. пропускной способности предприятия (участка, поста), исходя из средней потребности может привести или к неполной загрузке зон и участков, или к необходимости ожидания момента обслуживания, т.е. к образованию очереди требований. Для того чтобы исключить образование очереди, необходима оптимизация систем обслуживания, под которой понимается соответствие функционирования этих систем определенным критериям эффективности. При этом возможны два подхода, которые условно можно назвать внутренними (для предприятия) и внешними (для клиентуры).

При первом подходе, свойственном функционированию инженерно-технической службы (ИТС) в рамках системы более высокого уровня (например, комплексного автотранспортного предприятия (АТП)), сопоставляются за определенный промежуток времени затраты, связанные с простоем автомобиля в ожидании ремонта или обслуживания и простоем оборудования и ремонтного персонала в ожидании автомобилей.

По мере роста показателей, влияющих на пропускную способность средств обслуживания Z (число постов, исполнителей, оснащение технологическим оборудованием и инструментом), затраты, связанные с простоем автомобилей в ожидании обслуживания, сокращаются (кривая 1 на рис. 2), а затраты, вызванные простоем средств обслуживания и персонала в ожидании загрузки, возрастают (кривая 2 на рис. 2).

Минимальное значение суммы этих затрат (кривая 3 на рис. 2), являющейся целевой функцией, и будет соответствовать оптимальной структуре обслуживания (например, число постов, исполнителей), при которой минимизируются потери предприятия, связанные с простоем средств обслуживания, ожиданием объектов обслуживания.

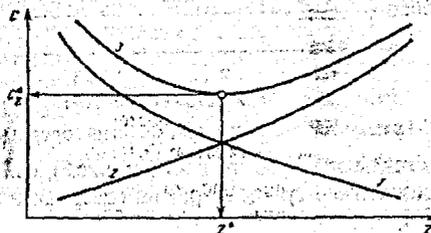


Рис. 2 Определение показателей пропускной способности систем обслуживания технико-экономическим методом [1] (1 — затраты от простоев автомобилей; 2 — затраты системы обслуживания в ожидании требований на обслуживание; 3 — суммарные затраты)

При моделировании зоны ТО-1 с помощью СМО первоначально были определены такие параметры системы, как интенсивность обслуживания и интенсивность поступления требований.

Интенсивность поступления требований определялась по формуле [3]:

$$\lambda = \frac{N_c}{T_{CM}}$$

где N_c — суточная программа работ; T_{CM} — время работы зоны, ч.

Суточная программа работ по ТО-1 рассчитывалась по типовой методике технологического расчета АТП [4].

Интенсивность обслуживания автомобилей определялась по формуле:

$$\mu = \frac{1}{\tau_n}$$

где τ_n — такт поста, ч, который определялся исходя из трудоемкости одного ТО-1 по методике, изложенной [3].

Значение трудоемкости одного ТО-1 для автомобиля МАЗ-555102 принималось по данным [5].

Расчет основных параметров эффективности СМО проводился по методике, изложенной в работах [1,6].

Оптимизация зоны ТО-1 проводилась по критерию минимума затрат $C_{\Sigma 1}$ на содержание производственного подразделения (зоны ТО-1), которые определялись по формуле [3]:

$$C_{\Sigma 1} = \frac{1}{12 \cdot N_{обс}} \cdot (C_{прп} + C_{зд} + E_n \cdot K_B),$$

где $N_{обс}$ – число обслуживаний за период моделирования; $C_{прп}$ – потери дохода, связанные с простоем автомобиля в ожидании обслуживания; $C_{зд}$ – затраты на содержание производственного участка; E_n – нормативный коэффициент капложений; K_B – капитальные вложения в создание производственного участка.

Капитальные вложения в технологическое оборудование для зоны ТО-1 определялись с учетом данных, приведенных в [5,7]. Результаты расчета затрат представлены на рис. 3.



Рис. 3 График зависимости затрат $C_{\Sigma 1}(n)$ на содержание зоны ТО-1

Как видно из приведенного выше графика (см. рис.3), при увеличении количества постов происходит возрастание суммы затрат на содержание производственного подразделения (зоны ТО-1).

Исходя из минимума затрат на содержание зоны ТО-1 для 70 автомобилей МАЗ-555102, оптимальным количеством постов для данных автомобилей является 1 пост.

Оптимизация количества постов с использованием системы массового обслуживания позволяет уточнить их количество после технологического расчета, что в свою очередь дает возможность повысить производительность автомобилей за счет сокращения их простоев.

Рассмотренная в работе методика может быть использована для оптимизации количества постов в производственных зонах автотранспортных предприятий при их реконструкции или проектировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническая эксплуатация автомобилей / Е.С. Кузнецов [и др.] – М.: Наука, 2004. – 535 с.
2. Кучур С.С. Научные исследования и решение инженерных задач / С.С. Кучур, М.М. Болбас, В.К. Ярошевич. – Мн.: Адукация і выхаванне, 2003.
3. Коваленко Н.А. Научные исследования и моделирование процессов обслуживания и ремонта. Методические указания к курсовой работе и практическим занятиям по курсовой работе для студентов специальности Т.04.02.00 «Эксплуатация транспортных средств»: учеб.-метод. пособие / Н.А. Коваленко. – Могилев: ММИ, 1999. – 17 с.

4. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: учеб. для вузов / Г.М. Напольский. – 2-е изд. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

5. Временный технологический процесс ежедневного, первого, второго и сезонного технического обслуживания автомобиля МАЗ-555102. – Мн.: БелНИИТ «Транстехника», 2005. – 112 с.

6. Монтик С.В. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Научные исследования и решение инженерных задач» для студентов специальности 1 – 37.01.06 «Техническая эксплуатация автомобилей»: учеб.-метод. пособие / С.В. Монтик. Брест: Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», 2006. – 55 с.

7. Интернет-магазин компании «ГАРО» [Электронный ресурс] / Студия 12 пунктов. – Москва, 2007. – Режим доступа: - <http://www.garo.cc>. – Дата доступа: 3.03.2007.

УДК 693.22.004.18

Дакало Ю.А.

Научный руководитель: доцент Медведев О. А.

МЕТОДИКА РАЗМЕРНОГО АНАЛИЗА ТЕХПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ

Методика размерного анализа техпроцессов изготовления деталей на практике широко не применяется. Это объясняется отсутствием ее подробного изложения в учебной и специальной литературе и отсутствием достаточной справочно-нормативной базы. В некоторых литературных источниках [1,2] рассматривают размерный анализ техпроцессов только по линейным размерам, а анализу по угловым размерам не уделяется внимания, несмотря на их приоритет, объясняемый следующими факторами. В большинстве случаев нормируемый уровень точности угловых размеров значительно выше уровня точности линейных размеров для тех же поверхностей. Точность угловых размеров обеспечивается, в основном, методами полной и неполной взаимозаменяемости и зависит от точности угловых положений элементов станков, приспособлений, инструментов, регулировать которые затруднительно.

Размерный анализ проводится на основе следующих исходных данных: чертеж детали, чертеж заготовки, маршрутные карты, операционные карты, карты эскизов. Он заключается в выявлении подетальных технологических размерных цепей, их решении с целью определения предельных значений технологических размеров и припусков и оценки приемлемости разработанного техпроцесса для достижения требуемой точности детали.

Выявление размерных цепей может проводиться двумя способами: по отдельности – для каждого линейного или углового размера детали или припуска или комплексно – для всех размеров детали и припусков в определённом координатном направлении, на основе графа размерных связей.

При большом числе операций в техпроцессах и несовпадений размеров детали с технологическими размерами, выявление большого числа длинных размерных цепей логическим способом требует больших затрат времени. Упростить и формализовать эту работу можно путём построения графов размерных связей техпроцесса.

Правила построения графов размерных связей техпроцессов, в основном, аналогичны правилам построения графов размерных связей чертежей деталей. Схематично граф изображается множеством окружностей (вершин), соединённых линиями (рёбрами). Вершины графа соответствуют конструктивным элементам детали, а рёбра – размерам и допускам объектов. Однако в виде вершин на графах размерных связей тех-

процесса фигурируют кроме объектов детали ещё и объекты заготовки, и объекты, полученные на всех промежуточных стадиях обработки. Для тщательного выявления и нумерации объектов выполняется совмещённый эскиз детали и заготовки с добавлением объектов, полученных на промежуточных стадиях обработки. Объекты нумеруют по порядку их расположения на совмещённом эскизе вдоль выбранного координатного направления. Обычно совмещённые эскизы составляют для трех проекций детали.

Для размерного анализа по каждому координатному направлению строят два графа размерных связей - исходный и производный. На исходном графе вершины соединяют рёбрами, соответствующими исходным размерам. На производном графе вершины соединяют рёбрами, соответствующими технологическим размерам и размерам заготовки. При совмещении графов образуются замкнутые контуры, каждый из которых соответствует технологической размерной цепи. В расчёт принимаются кратчайшие замкнутые контуры. Каждый кратчайший замкнутый контур позволяет составить уравнение соответствующей размерной цепи следующим образом.

В левой части уравнения записывается обозначение исходного звена со знаком "+". В правой части записывают обозначения составляющих звеньев в той последовательности, в которой они встречаются при обходе контура, начиная от границы исходного звена с меньшим номером. По мере обхода контура каждое составляющее звено записывают со знаком "+", если проход по нему осуществляется от вершины с меньшим номером к вершине с большим номером (увеличивающее звено), и со знаком "-", если проход по нему осуществляется от вершины с большим номером к вершине с меньшим номером (уменьшающее звено).

После такого обхода всех кратчайших замкнутых контуров получается система линейных алгебраических уравнений, представляющая математическую модель всех размерных связей техпроцесса по данному координатному направлению. Каждое уравнение системы отражает соотношение между номинальными или средними значениями исходного и составляющих звеньев. На его основе и в дополнение к нему составляют уравнения, традиционно используемые при решении размерных цепей: уравнение допусков звеньев; два уравнения предельных значений звеньев [3].

На основе теоретических исследований формирования угловых размерных связей техпроцессов выявлен ряд особенностей составления и анализа графов этих размерных связей и решения угловых размерных цепей:

- графы и уравнения угловых размерных связей техпроцесса следует составлять, анализировать и решать прежде, чем графы и уравнения линейных размерных связей, так как они дают исходную информацию для последних (например, найденные перекосы промежуточных поверхностей или осей используются для расчетов припусков);

- в общем случае достаточно составить исходный, производный и совмещённый графы по отдельности для поворотов конструктивных элементов или их проекций в трех координатных плоскостях, совпадающих с наиболее часто используемыми технологическими базами детали;

- для снижения трудоемкости размерного анализа его целесообразно проводить также по поворотам конструктивных элементов в других плоскостях, на которые эти элементы проецируются в натуральную величину, предварительно определив проекции технологических баз на эти плоскости;

- при составлении графа угловых размеров по поворотам вокруг одной координатной оси из рассмотрения исключаются размеры, лежащие в плоскостях, параллельных этой оси, так как проекции их границ на координатную плоскость перпендикулярную данной оси, будут совпадать;

- в случае симметричной детали для упрощения анализа графы можно строить лишь для одной из симметричных половин детали, так как граф другой половины будет

зеркальным отражением первого;

- в случае, когда все элементы детали номинально перпендикулярны или параллельны друг другу, то уравнения угловых размерных связей в номиналах и предельных значениях составлять нет необходимости, так как номинальные положения элементов визуально ясны из чертежа и операционных эскизов, а достаточно составить лишь уравнения взаимосвязи допусков перпендикулярности, параллельности. При этом не имеет значения последовательность нумерации конструктивных элементов по увеличению координаты углового положения, так как для анализа взаимосвязей допусков не имеет значения деление размеров на увеличивающие и уменьшающие;

- перед решением уравнений взаимосвязи допусков углов их необходимо привести к единой базовой длине.

Поясним описанные особенности на примере размерного анализа техпроцесса обработки корпуса по угловым размерам вокруг оси X.

В качестве заготовки принята отливка в песчано-глинистых формах.

Техпроцесс изготовления, корпуса включает следующие операции:

- операция 05, вертикально - фрезерная (фрезерование плоскости торцевой фрезой);
- операция 10, горизонтально - фрезерная с ЧПУ (переход 1 - черновое зенкерование отверстия, переход 2 - чистовое зенкерование отверстия, переход 3 - фрезерование плоскостей, переходы 4,5 - фрезерование поверхностей торцевой фрезой);
- операция 15, вертикально - сверлильная (сверление двух отверстий).

Операционные эскизы техпроцесса приведены на рисунке 1. На эскизах угловые технологические размеры обозначены буквой γ . Выполним совмещённый эскиз детали и заготовки в проекции на плоскость YZ, перпендикулярную оси X (рисунок 2). Угловые размеры и допуски детали обозначены индексом α . Значения α принимаются из чертежа детали и технических требований. Для отливки по ГОСТ 26645-85 принимаются значения допусков формы и расположения поверхностей β .

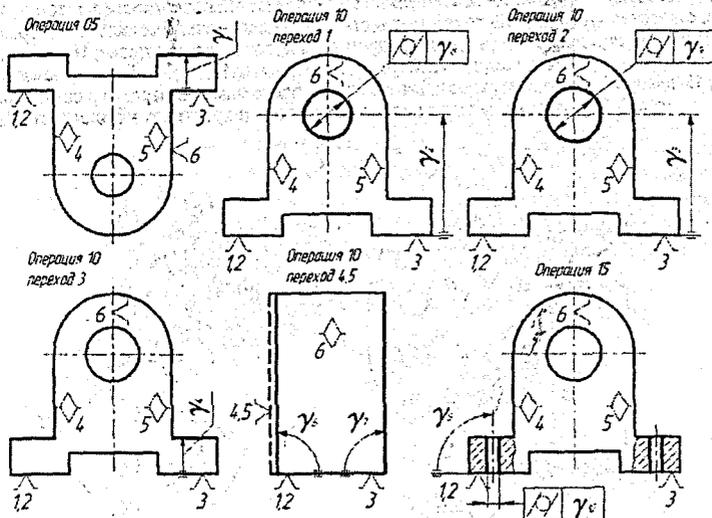
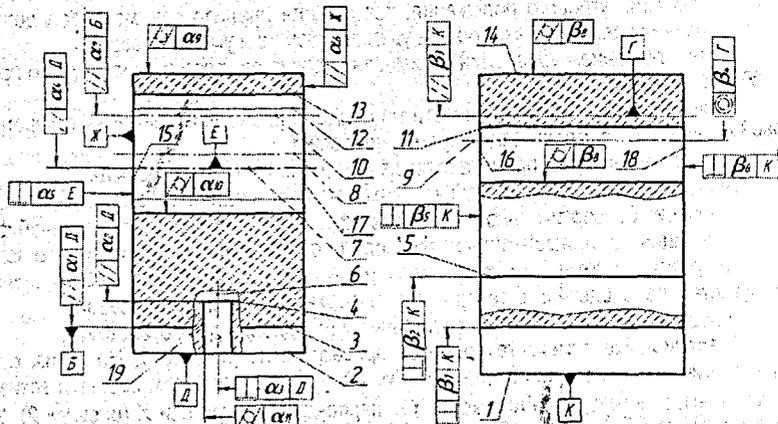


Рис. 1. Операционные эскизы техпроцесса обработки корпуса

На основе совмещённого эскиза детали и заготовки и операционных эскизов с угловыми технологическими размерами γ ; построены исходный и производный графы раз-

мерных связей техпроцесса вокруг оси X (рисунок3). На исходном графе кроме ребер соответствующих размерам детали α_i , нанесены ребра, соответствующие погрешности перекоса $\rho_{\pi i}$ между объектами заготовки и детали. Эти погрешности входят в состав минимальных припусков на обработку соответствующих поверхностей. Вершины проективного графа соединены ребрами, соответствующими технологическим размерам γ_i размерам заготовки β_i . В нашем случае угловые номинальные положения объектов известны из изображения проекций, поэтому нет необходимости составлять уравнения размерных цепей в номиналах и предельных значениях.



1- нижняя плоскость заготовки; 2- нижняя плоскость детали; 3- плоскость дна канавки; 4- верхняя плоскость основания детали; 5- верхняя плоскость основания заготовки; 6- ось отверстия в основании детали; 7- ось главного отверстия детали; 8- ось главного отверстия после зенкерования; 9- ось отверстия заготовки; 10- ось наружной цилиндрической поверхности заготовки; 11- поверхность отверстия заготовки; 12- поверхность отверстия после зенкерования; 13- поверхность главного отверстия детали; 14- наружная цилиндрическая поверхность заготовки; 15- левая боковая поверхность детали; 16- левая боковая поверхность заготовки; 17- правая боковая поверхность детали; 18- правая боковая поверхность заготовки; 19- поверхность отверстия в основании детали

Рис. 2. Совмещенный эскиз детали и заготовки в проекциях на плоскость YZ

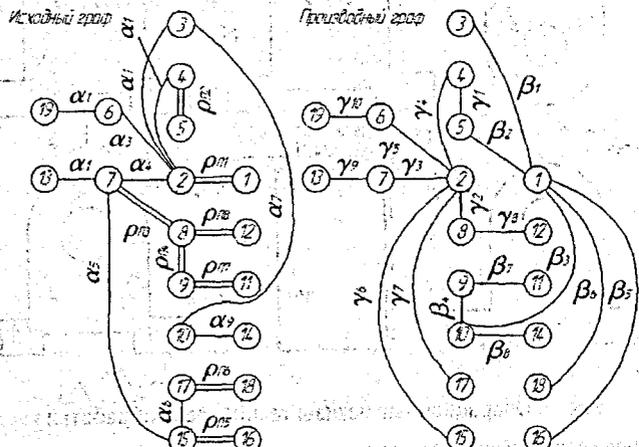


Рис. 3. Графы размерных связей техпроцесса по поворотам в плоскости YZ

Поочередно мысленно переносим ребра исходного графа на производный граф и получаем кратчайшие замкнутые контуры, для которых составляем соотношения допусков размеров цепи:

$$\Delta\alpha_1 \geq \Delta\gamma_1 + \Delta\beta_2 + \Delta\beta_1 \quad (1) \quad \Delta\alpha_7 \geq \Delta\beta_1 + \Delta\beta_3 \quad (7) \quad \rho_{п3} = \Delta\gamma_3 + \Delta\gamma_2 \quad (13)$$

$$\Delta\alpha_2 \geq \Delta\gamma_4 \quad (2) \quad \Delta\alpha_9 \geq \Delta\beta_8 \quad (8) \quad \rho_{п4} = \Delta\gamma_2 + \Delta\gamma_1 + \Delta\beta_2 + \Delta\beta_3 + \Delta\beta_4 \quad (14)$$

$$\Delta\alpha_3 \geq \Delta\gamma_5 \quad (3) \quad \Delta\alpha_{10} \geq \Delta\gamma_9 \quad (9) \quad \rho_{п5} = \Delta\gamma_6 + \Delta\gamma_1 + \Delta\beta_2 + \Delta\beta_5 \quad (15)$$

$$\Delta\alpha_4 \geq \Delta\gamma_3 \quad (4) \quad \Delta\alpha_{11} \geq \Delta\gamma_{10} \quad (10) \quad \rho_{п6} = \Delta\gamma_7 + \Delta\gamma_1 + \Delta\beta_2 + \Delta\beta_6 \quad (16)$$

$$\Delta\alpha_5 \geq \Delta\gamma_3 + \Delta\gamma_6 \quad (5) \quad \rho_{п1} = \Delta\beta_2 + \Delta\gamma_1 \quad (11) \quad \rho_{п7} = \Delta\beta_7 \quad (17)$$

$$\Delta\alpha_6 \geq \Delta\gamma_6 + \Delta\gamma_7 \quad (6) \quad \rho_{п2} = \Delta\gamma_4 + \Delta\gamma_1 \quad (12) \quad \rho_{п8} = \Delta\gamma_7 \quad (18)$$

Далее по таблицам средней экономической точности выбираются допуски технологических размеров $\Delta\gamma_i$ и проверяются условия (1-10). Если данные условия выполняются, то техпроцесс приемлем для обеспечения точности угловых размеров вокруг оси X. По остальным уравнениям можно вычислить погрешности перекосов $\rho_{пi}$, определяющие неравномерность припусков.

Таким образом, размерный анализ техпроцессов позволяет оценить приемлемость разработанного техпроцесса для достижения точности размеров детали ещё до запуска её в производство и тем самым повысить качество проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махаринский Е.И., Горохов В.А. Основы технологии машиностроения. – Мн.: выш. шк., 1997.
2. Проектирование технологии: Учебник. Под общ. ред. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990.
3. Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебник для вузов - М.: Машиностроение, 1986.

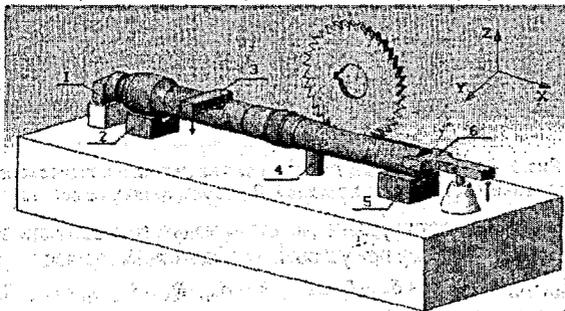
УДК 693.22.004.18

Шипуль В. Н.

Научный руководитель: доцент Медведев О. А.

СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Целью данной работы является усовершенствование метода расчета сил зажима, которые будут достаточными для сохранения полного контакта технологических баз с установочными поверхностями приспособления и равновесия детали в процессе ее обработки.



- 1 - прижим (эксцентрико-клиновый механизм); 2 - призма; 3 - прихват, действующий от пневмопривода; 4 - промежуточная опора, которая подводится через клиновый механизм; 5 - призма; 6 - рычаг-прихват, действующий от пневмопривода

Рис. 1. Схема установки детали при фрезеровании паза

Обычно этот расчет ведется из условия статического равновесия детали при действии на нее сил резания, зажима, реакций опор, сил трения и моментов от этих сил. Однако в конструкциях реальных приспособлений часто используют несколько опор (основных и подводимых) и прижимов, реакции которых дополнительно компенсируют внешние воздействия и позволяют уменьшить требуемые силы зажима. При этом равновесие детали достигается в статически неопределимой системе (число реакций превышает число уравнений статики), и решить эту задачу обычным способом (без упрощений) нельзя. Упрощение расчетной схемы приводит в свою очередь к завышенным значениям требуемых сил зажима и, как следствие, к увеличению размеров приводов зажимных устройств и металлоемкости приспособления.

Для раскрытия статической неопределенности можно воспользоваться методом перемещений [1], который учитывает деформации детали под действием внешних сил и реакций. Целесообразность такого подхода к решению задачи по определению сил зажима выясним на примере приспособления, изображенного на рисунке 1.

Для составления уравнений совместности деформаций необходимо из статически неопределимой системы получить статически определимую (рисунок 2), отбросив "лишние" опоры. Эта система будет эквивалентна изначальной, если отброшенные опоры заменить их реакциями.

Система на рисунке 1 имеет 6 связей: в общем случае 18 составляющих реакций и 6 уравнений равновесия. То есть система статически неопределима.

Характерной особенностью рассматриваемой системы является отсутствие реакций в направлении оси Y . Это связано с тем, что при фрезеровании дисковой фрезой составляющая силы резания P_y отсутствует, а также паз симметричен относительно оси вала и поверхность установочных элементов. Тогда получаем 12 неизвестных реакций в плоскости XZ и 4 уравнения статики.

Кроме того, нас интересуют зажимные устройства с механизированными приводами, правильность выбора которых будет уточнена при решении данной задачи. Имеется три таких механизма - 3, 4, 6 (рисунок 1), которые дают реакции в направлении оси Z . При этом получаем: в направлении оси Z имеем 6 реакций, 2 уравнения равновесия статики, следовательно, степень статической неопределенности равна 4, что говорит о необходимости составления 4 дополнительных канонических уравнения метода перемещений.

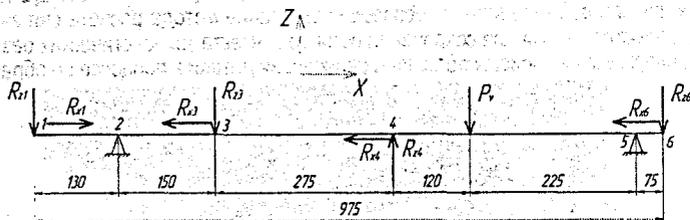


Рис. 2. Расчетная схема действия сил на деталь в приспособлении
 R_d - вертикальные составляющие реакций; R_{x1} - горизонтальные составляющие реакций

Тогда система канонических уравнений, отражающих совместность деформаций детали в точках отброшенных опор при условии их абсолютной жесткости, примет вид:

$$\begin{cases} \delta_{21x1} \cdot R_{x1} + \delta_{21x3} \cdot R_{x3} + \delta_{21x4} \cdot R_{x4} + \delta_{21x6} \cdot R_{x6} + \delta_{21z1} \cdot R_{z1} + \delta_{21z3} \cdot R_{z3} + \delta_{21z4} \cdot R_{z4} + \delta_{21z6} \cdot R_{z6} + \Delta_{21P} = 0; \\ \delta_{23x1} \cdot R_{x1} + \delta_{23x3} \cdot R_{x3} + \delta_{23x4} \cdot R_{x4} + \delta_{23x6} \cdot R_{x6} + \delta_{23z1} \cdot R_{z1} + \delta_{23z3} \cdot R_{z3} + \delta_{23z4} \cdot R_{z4} + \delta_{23z6} \cdot R_{z6} + \Delta_{23P} = 0; \\ \delta_{4x1} \cdot R_{x1} + \delta_{4x3} \cdot R_{x3} + \delta_{4x4} \cdot R_{x4} + \delta_{4x6} \cdot R_{x6} + \delta_{4z1} \cdot R_{z1} + \delta_{4z3} \cdot R_{z3} + \delta_{4z4} \cdot R_{z4} + \delta_{4z6} \cdot R_{z6} + \Delta_{4P} = 0; \\ \delta_{6x1} \cdot R_{x1} + \delta_{6x3} \cdot R_{x3} + \delta_{6x4} \cdot R_{x4} + \delta_{6x6} \cdot R_{x6} + \delta_{6z1} \cdot R_{z1} + \delta_{6z3} \cdot R_{z3} + \delta_{6z4} \cdot R_{z4} + \delta_{6z6} \cdot R_{z6} + \Delta_{6P} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

где δ_{ij} - перемещение по направлению i -й реакции, вызванное силой равной единице, действующей по направлению j -й реакции; Δ_{iP} - перемещение по направлению i -й реакции, вызванное действием внешней нагрузки.

Учитывая, что в рассматриваемой системе отсутствуют деформации кручения, получаем:

$$\delta_{i2j} = \delta_{j2i} = 0 \quad (2)$$

Тогда система канонических уравнения метода перемещений примет вид:

$$\begin{cases} \delta_{2121} \cdot R_{21} + \delta_{2123} \cdot R_{23} + \delta_{2124} \cdot R_{24} + \delta_{2126} \cdot R_{26} + \Delta_{21P} = 0; \\ \delta_{2321} \cdot R_{21} + \delta_{2323} \cdot R_{23} + \delta_{2324} \cdot R_{24} + \delta_{2326} \cdot R_{26} + \Delta_{23P} = 0; \\ \delta_{2421} \cdot R_{21} + \delta_{2423} \cdot R_{23} + \delta_{2424} \cdot R_{24} + \delta_{2426} \cdot R_{26} + \Delta_{24P} = 0; \\ \delta_{2621} \cdot R_{21} + \delta_{2623} \cdot R_{23} + \delta_{2624} \cdot R_{24} + \delta_{2626} \cdot R_{26} + \Delta_{26P} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

В соответствии с теоремой о взаимности перемещений коэффициенты канонических уравнений, расположенные симметрично относительно главной диагонали, равны между собой:

$$\delta_{ij} = \delta_{ji}$$

Для определения параметров δ_{ij} , Δ_{iP} воспользуемся формулой Мора:

$$\delta_{ij} = \sum_0^l \bar{M}_i \cdot \frac{\bar{M}_j \cdot dx}{E \cdot I} + \sum_0^l \bar{Q}_i \cdot \frac{\bar{Q}_j \cdot dx}{G \cdot F} \cdot \mu + \sum_0^l \bar{N}_i \cdot \frac{\bar{N}_j \cdot dx}{E \cdot F} \quad (4)$$

где \bar{M}_i , \bar{Q}_i , \bar{N}_i - выражения для моментов, нормальных и поперечных сил от нагрузок как функции координаты X произвольного сечения; E , G - модули упругости при растяжении и сдвиге; F - площадь поперечного сечения участка системы (принимается постоянной на всей длине заготовки); I - длина участка вала; μ - коэффициент Пуассона; I - момент инерции сечения.

На основании предварительных расчетов установлено, что деформации растяжения-сжатия и сдвига составляют малую долю от деформаций изгиба, поэтому в дальнейших расчетах ими пренебрегаем.

Построим эпюры от действия единичных сил и внешних нагрузок в направлении каждой из реакций вдоль оси Z :

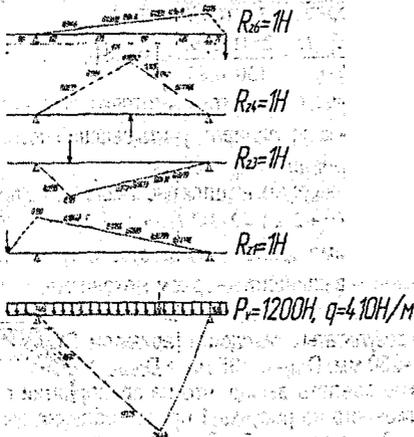


Рис. 3. Эпюры изгибающих моментов, Н·м
 q - распределенный вес заготовки, Н/м

Тогда перемещения от действия единичных сил равны:

$$\delta_{z1z1} = \delta_{z1z1} = \sum_0^l \frac{\overline{M}_{1z} \cdot \overline{M}_{1z}}{E \cdot I} = \frac{1}{2,1 \cdot 10^8 \cdot 2,01 \cdot 10^6} \left(\frac{1}{2} \cdot 0,13 \cdot 10^3 \cdot 130 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,13 \cdot 10^3 + \frac{1}{2} \cdot 0,13 \cdot 10^3 \cdot 770 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,13 \cdot 10^3 \right) = 1,201 \cdot 10^{-5} \text{ мм};$$

$$\delta_{z1z3} = \delta_{z3z1} = -0,863 \cdot 10^{-5} \text{ мм}; \quad \delta_{z1z4} = \delta_{z4z1} = 1,109 \cdot 10^{-5} \text{ мм}; \quad \delta_{z1z6} = \delta_{z6z1} = 0,296 \cdot 10^{-5} \text{ мм};$$

$$\delta_{z3z3} = 0,890 \cdot 10^{-5} \text{ мм}; \quad \delta_{z3z4} = \delta_{z4z3} = -1,2 \cdot 10^{-5} \text{ мм}; \quad \delta_{z3z6} = \delta_{z6z3} = -0,3296 \cdot 10^{-5} \text{ мм};$$

$$\delta_{z4z4} = \delta_{z4z4} = 2,205 \cdot 10^{-5} \text{ мм}; \quad \delta_{z4z6} = \delta_{z6z4} = 0,674 \cdot 10^{-5} \text{ мм}; \quad \delta_{z6z6} = 0,3754 \cdot 10^{-5} \text{ мм}.$$

Перемещения от действия P_v и q :

$$\Delta_{z1P} = \sum_0^l \frac{\overline{M}_{1z} \cdot M_p}{E \cdot I} = \frac{1}{2,1 \cdot 10^8 \cdot 2,01 \cdot 10^6} \left(\frac{1}{3} \cdot 3,465 \cdot 10^3 \cdot 130 \cdot \frac{3}{4} \cdot 0,130 \cdot 10^3 \cdot \frac{2}{3} \cdot 214,414 \cdot 10^3 \cdot 545 \cdot (0,03799 \cdot 10^3 + 0,0345 \cdot 10^3) - \frac{2}{3} \cdot 214,414 \cdot 10^3 \cdot 225 \cdot 0,02378 \cdot 10^3 \right) =$$

$$= -1515,62 \cdot 10^{-5} \text{ мм}; \quad \Delta_{z3P} = 1507,42 \cdot 10^{-5} \text{ мм}; \quad \Delta_{z4P} = -2866,05 \cdot 10^{-5} \text{ мм}; \quad \Delta_{z6P} = -1078,31 \cdot 10^{-5} \text{ мм}.$$

Подставим полученные коэффициенты в систему канонических уравнений (3) и решим ее, используя пакет Mathematica: $R_{z1}=373,55 \text{ Н}$, $R_{z3}=442,38 \text{ Н}$, $R_{z4}=987,55 \text{ Н}$, $R_{z6}=1194,51 \text{ Н}$.

Для обеспечения надежности зажима заготовки, необходимо учесть коэффициент запаса - k . Этот коэффициент учитывает изменения условий в процессе обработки: прогрессирующее затупление инструмента, неравномерность припусков, неоднородность материала заготовки и так далее. Расчет этого коэффициента ведем по методике, изложенной в [2]: $K=3,46$.

Умножив полученные значения реакций на коэффициент запаса, получим: $R_{z1}=1292 \text{ Н}$, $R_{z3}=1531 \text{ Н}$, $R_{z4}=3417 \text{ Н}$, $R_{z6}=4133 \text{ Н}$. Используя известные реакции, решаем статически определимую задачу и находим: $R_{z2}=1160 \text{ Н}$, $R_{z5}=3579 \text{ Н}$.

Таким образом, сила, которую необходимо передать пневмоцилиндру на прихват 3, учитывая, что одновременно обрабатывается 2 детали:

$$P_3 \geq 2 \cdot R_{z3} = 2 \cdot 1531 = 3062 \text{ Н} \quad (5)$$

Диаметр поршня пневмоцилиндра [2]: $D_{п3} \geq 95,8 \text{ мм}$, принимаем $D_{п3} = 100 \text{ мм}$.

Сила, которую необходимо создать на штоке пневмоцилиндра рычага-прихвата 6, учитывая, что одновременно обрабатывается 2 детали:

$$P_6 \geq \frac{2 \cdot P'_6 \cdot l_2}{l_1 \cdot \eta} = \frac{2 \cdot 4133 \cdot 95}{130 \cdot 0,85} = 7107 \text{ Н}, \quad (6)$$

где P'_6 - сила, которую необходимо приложить к заготовке, Н; l_1 - плечо силы P'_6 , мм;

l_2 - плечо силы P_6 , мм; η - коэффициент, учитывающий потери на трение в рычаге.

Диаметр поршня пневмоцилиндра: $D_{п6} = 150 \text{ мм}$.

Усилие, которое необходимо передать на шток пневмоцилиндра промежуточного упора 4:

$$P_{п4} = 2 \cdot P_4 \cdot \text{tg}(\alpha + 2 \cdot \varphi) = 2 \cdot 3417 \cdot \text{tg}(10^\circ + 2 \cdot 7^\circ) = 2705,8 \text{ Н}, \quad (7)$$

где P_4 - сила, которую необходимо приложить к заготовке, Н; α - угол клина;

φ - значение углов трения в клиноплунжерном механизме.

Диаметр поршня пневмоцилиндра: $D_{п4} = 95 \text{ мм}$.

Сравним полученные результаты с заводским вариантом: $D_{пзрасч} = 100 \text{ мм} < D_{пззав} = 250 \text{ мм}$; $D_{пбрасч} = 150 \text{ мм} < D_{пззав} = 250 \text{ мм}$; $D_{п4расч} = 95 \text{ мм} > D_{пззав} = 60 \text{ мм}$.

Таким образом, можно сделать вывод, что на предприятии при расчете зажимных устройств 3, 4, 6 изображенного на рисунке 1 приспособления были необоснованно повышены силы зажима P_3 , P_6 и занижена P_4 . Это, скорее всего, вызвано неверно выбранной схемой расчета, в которой не было учтено наличие всех опор и зажимов. Расчетная схема на рисунке 2 более точно отражает реальную ситуацию, а использование метода

перемещений позволяет рассчитать эту схему и получить значения зажимных сил, которые отражают реальное распределение реакций на всех опорах приспособления. Существенное уменьшение диаметров поршней пневмоприводов зажимных устройств 3 и 6 значительно снижает металлоемкость приспособления, что экономически более выгодно по сравнению с базовым (заводским) вариантом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Довнар Е. П., Коршун Л. И. Строительная механика: Учебник для вузов по спец. «Стр-во». - Мн.: Выш. шк., 1986-310 с.: ил.
2. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособления: Учеб. пособие для студентов вузов машиностроительных спец. - Мн.: Выш. шк., 1986-238с.: ил.

УДК 539.4 (075.8)

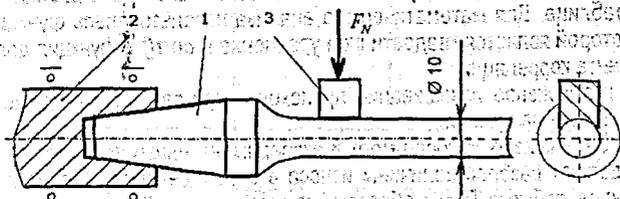
Лис И.Н., Веселуха В.М.

Научный руководитель: д.т.н., доцент Богданович А.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРИ ТРЕНИИ СКОЛЬЖЕНИЯ

Приводится описание дискретного метода измерения износа при трении скольжения. Анализируются результаты экспериментального исследования локальных характеристик износа для фрикционной пары – цилиндрический образец из стали 45 – вкладыш из силумина.

Неравномерный износ характерен, как известно, для многих деталей автомобиля. Однако существующие методы испытаний конструкционных материалов на трение и изнашивание не предусматривают измерение локальных характеристик износа.



1 - образец, 2 - шпиндель, 3 - вкладыш

Рис. 1. Схема испытаний на трение скольжения (фрикционную усталость)

В данном докладе представлены результаты экспериментального исследования локальных характеристик износа в соответствии с разработанным дискретным методом [1].

Схема испытаний представлена на рис. 1. Цилиндрический образец 1 диаметром рабочей части 10 мм консольно закрепляется в шпинделе 2 испытательной машины УКИ-6000/2 и приводится во вращение с частотой 3000 мин⁻¹. К нему при помощи контактной нагрузки F_N прижимается контрообразец – вкладыш 3 шириной 4 мм.

Для проведения испытаний было изготовлено приспособление к усталостной машине УКИ, позволяющее обеспечивать приложение контактной нагрузки и реализовать трение скольжения.

Испытания пары трения образец из стали 45 – вкладыш из подшипникового сплава силумина вели при различной величине контактной нагрузки, которую поддерживали постоянной для каждой пары образец – вкладыш. В процессе испытаний обеспечивался фитильный подвод смазочного материала – универсального всепогодного моторного

масла SuperLuxoil SAE 15W-40 и периодически проводилось измерение с помощью индикаторной головки с точностью 2 мкм величины линейного износа фрикционной пары в локальных 8-и точках по периметру опасной зоны образца.

В качестве предельного состояния был принят суммарный износ пары образец – вкладыш, равный 100 мкм, а база испытаний составила 10^7 циклов в соответствии с СТБ 1448 – 2004.

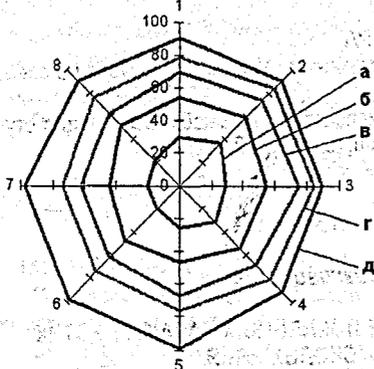


Рис. 2. Круговые диаграммы износа при числе циклов: а - 110 тыс.; б - 700 тыс.; в - 2 500 тыс.; г - 3 800 тыс.; д - 6 500 тыс.

В качестве примера рассмотрим некоторые результаты испытаний фрикционной пары при контактной нагрузке $F_N = 280 \text{ Н}$. На рис. 2 приведена круговая диаграмма износа i , мкм, на которой отражено изменение величины i каждой из 8-и точек, равномерно распределенных по опасной зоне образца. Значения i в этих локальных точках при заданном числе циклов N нагружения соединяли ломаными линиями. Видно, что изнашивание происходит неравномерно по периметру образца, причем наибольшая неравномерность наблюдается на стадии приработки (см. диаграмма а на рис. 2). С ростом числа циклов неравномерность снижается. Наибольший

износ имел место при $N = 6 500$ тыс. циклов в области локальных точек 5 – 7 (96–99 мкм).

Установлено, что экспериментальные точки удовлетворительно описываются степенной зависимостью вида $i = a \cdot N^b + c$. Значения коэффициентов a , b , c и коэффициента корреляции k , полученные путем математического анализа в системе MathCAD, приведены в таблице. Для математического анализа использовалась функция $\text{pwrfit}()$, результатом которой является квадратичное уравнение и $\text{corr}()$ – функция для нахождения коэффициента корреляции.

Наиболее интенсивное изнашивание происходит при заданной нагрузке в первые 700 – 800 тыс. циклов нагружения.

Каждое сечение кривых износа имеет 8 экспериментальных точек, которые в совокупности определяют разброс величины износа в одном сечении образца при данном количестве циклов работы. Таким образом, получаем сразу 8 реализаций случайного процесса изнашивания.

Таблица. Результаты обработки опытных данных.

Коэффициент	Номер точки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
a	1,366	2,474	1,422	1,229	0,35	0,224	0,161	0,555
b	0,269	0,233	0,269	0,277	0,359	0,387	0,407	0,326
c	-1,05	-1,145	-2,058	-0,352	1,292	0,771	1,286	-0,93
k	0,99	0,988	0,99	0,99	0,982	0,978	0,974	0,986

Установлено [2, 3], что закономерности изнашивания сохраняются и при других значениях контактной нагрузки, но интенсивность изнашивания существенно определяется ее величиной.

Оказывается, что хотя нагрузка F_N не изменяется, реакция поверхностных слоев металла в различных локальных зонах пути трения существенно различна. Это представляется естественным ввиду того, что физико-механические свойства поверхностных

слоев металла также существенно неодинаковы. Следовательно, поскольку сопротивление разрушению локальных поверхностных участков образца различно, то и локальный износ на таких участках должен быть различным [4].

Результаты испытаний серии исследуемых моделей узла трения представлены на рис. 3 в виде кривой фрикционной усталости контрообразца-вкладыша из силумина в координатах контактная нагрузка F_N – число циклов N до наступления предельного состояния вкладыша. Видно, что кривая усталости состоит из двух ветвей: левой 1 с большим наклоном и правой 2, расположенной почти вертикально.

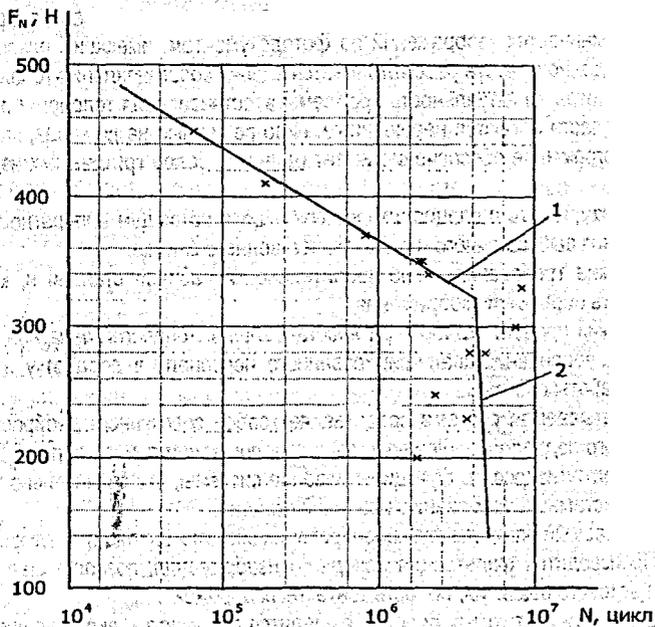


Рис. 3. Кривая фрикционной усталости контрообразца из силумина

ЛИТЕРАТУРА

1. Yelovoy O. M., Stukachev V. N., Zamyatnin V. O. Method of measurement of the parameters of wear-fatigue tests using the SI-series machines // Proc. of the III International Symposium on Tribo-Fatigue (Beijing, China, October 2-26, 2000). – Beijing: Human University Press, 2000. – P.208-212.
2. Еловой, О.М. Локальные характеристики износоусталостного повреждения и сопротивление разрушению силовых систем / О.М. Еловой, А.В. Богданович // Горная механика. – 2007. – №1. – С. 25-30.
3. Исследование основных закономерностей повреждения, постановка и решение задачи прогнозирования долговечности силовых систем, работающих в условиях фрикционно-механической усталости: отчет о НИР (промежуточный) / Гродн. гос. ун-т им. Я. Купалы; рук. А.В. Богданович. Исполнители – А.Е. Шишкин, С.С. Щербаков, И.Н. Лис. – Гродно, 2007. – 55 с.
4. Сосновский, Л.А. Основы трибофатики: учебное пособие для студентов вузов. В 2 ч./ Л.А. Сосновский. – Гомель: БелГУТ, 2003. – Ч.1. – 246 с.; Ч.2. – 235 с.

УДК 692.28.004.17

Дунец И.П., Теленкевич Р.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Савицкий Ю.В.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА В ЗАДАЧЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТОПОЛОГИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ПО ФОТОСНИМКАМ С НИЗКИМ КАЧЕСТВОМ

Развитие фундаментальных и прикладных наук, технологий требует все более мощных и эффективных методов и средств обработки информации. Одним из направлений, имеющим высокую практическую значимость, является задача анализа и распознавания объектов технических изображений по фотодокументам, имеющим различные степени качества. В данной работе рассматривается задача восстановления топологии печатной платы. Несмотря на актуальность проблемы восстановления топологии печатных плат, в данной области остаются нерешенные, либо решенные не до конца, задачи. Существующее программное обеспечение имеет один или более критических недостатков, таких как:

1. Необходимость в специализированном дорогостоящем аппаратном обеспечении для получения высокоточного и высококачественного снимка.
2. Высокие требования к производительности рабочей станции и, как следствие, длительность обработки изображения.
3. Высокий процент ошибок при восстановлении топологии печатной платы и, следовательно, вовлечение квалифицированного персонала в доработку и проверку результатов работы системы.

Разрабатываемая система представляет собой совокупность нейросетевого и математического подхода к решению задачи топологизации печатных плат. Это позволяет ускорить и оптимизировать функционирование системы, что значительно снижает требования к системным требованиям рабочей станции.

Предлагаемый алгоритм функционирования системы выглядит следующим образом:

1. Производится фильтрация исходного изображения, позволяющая выделить, на основе цветового различия, область контактных дорожек.
2. В области контактных дорожек выделяются все участки, включающие в себя замкнутые контуры.
3. По координатам полученных участков с исходного изображения вырезаются фрагменты, которые потенциально могут являться контактными площадками либо переходами между уровнями в случае многослойных плат.
4. Полученные фрагменты проходят обработку Фурье преобразованием и посылаются на обученную нейронную сеть.
5. Нейронная сеть выполняет классификацию фрагмента.

В ходе проведения исследовательской работы была реализована искусственная нейронная сеть, выполняющая функцию классификации контактов печатной платы. В данный момент производится разработка эффективного фильтра, позволяющего выделять область контактных дорожек.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Головкин Нейронные сети: обучение, организация и применение // ИПРЖР - 2002.
2. Саймон Хайкин Нейронные сети: полный курс // Вильямс - 2006.

РЕАЛИЗАЦИЯ КАСКАДНОГО УДАЛЕНИЯ ДАННЫХ ПРИ РАСЧЕТЕ ШТАТОВ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА УНИВЕРСИТЕТА

Определение штатного состава профессорско-преподавательского состава кафедр вуза выполняется на основе расчета объема их учебной работы на планируемый учебный год. Традиционно планирование базируется на исходных расчетах, выполняемых структурными подразделениями (кафедрами или факультетами). Те же факультеты и профилирующие кафедры одновременно выступают и разработчиками учебных планов соответствующих специальностей, поэтому подобные схемы допускают возможность завышения объема учебной работы в стремлении увеличить штатный состав структурных подразделений. Результатом является как возрастание годовой учебной нагрузки преподавателей, так и общей загрузки студентов различными видами учебных работ, что отнюдь не способствует повышению качества образовательного процесса.

В Брестском государственном техническом университете разработана программная система расчета штатной численности профессорско-преподавательского состава кафедр, лишенная данного недостатка благодаря централизованному и автоматизированному расчету объема учебной работы, необходимой для полной и качественной реализации базовых учебных планов по каждой специальности и форме обучения.

Для эффективной модификации исходных данных, располагающихся в базе данных (БД) типа Paradox, разработан и реализован новый метод каскадного удаления записей, основанный на оригинальном компоненте, обеспечивающем наследование существующего класса. Paradox (программный продукт фирмы Borland) - это признанный лидер на рынке систем управления базами данных. В 90-х годах Paradox фактически стал стандартом систем управления базами данных (СУБД) для персональных компьютеров.

Среди особенностей Paradox, повлиявших на выбор данной СУБД, можно выделить сочетание простоты и прозрачности с широкими возможностями функционально-завершенной системы управления данными. Результатом такого сочетания является мощная СУБД, доступная не только профессиональному программисту, но и пользователю, не имеющему глубоких познаний в программировании.

Суть каскадного удаления записей в БД Paradox, адаптированного нами для нужд разработанной системы, заключается в следующем: в одной транзакции производится удаление данной записи, а также всех других записей, ссылающихся на данную. Если на удаляемые записи также есть ссылки, то каскадное удаление продолжается дальше. Таким образом, после удаления данной записи в базе не остаётся ни одной записи, прямо или косвенно ссылающейся на неё. Если хотя бы одну из ссылающихся записей удалить не получается (либо для неё настроен запрет, либо происходит какая-либо ещё ошибка), то все удаления запрещаются.

Однако при выполнении каскадного удаления с помощью стандартного механизма BDE (Borland Database Engine) генерируется исключение (exception) с сообщением о том, что сначала необходимо удалить данные в связанной таблице. Рассмотрим данный механизм на примере связанных между собой таблиц «Кафедры» и «Дисциплины». Таблицы находятся в отношении 1:1 (рисунок 1). На рисунке жирным шрифтом выделены первичные ключи; внешним ключом является поле «код кафедры».

Предположим, что необходимо удалить некоторую кафедру, имеющую код кафедры, равный 6. При выполнении такой попытки BDE выдает сообщение о том, что сперва необходимо удалить записи в таблице «Дисциплины», ссылающиеся на данную кафедру. В результате процесс удаления разбивается на два последовательных шага:

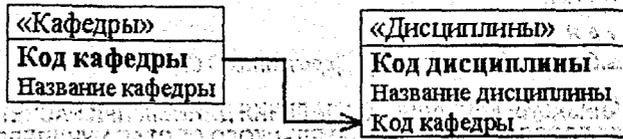


Рис. 1. Таблицы «Кафедры» и «Дисциплины» с отношением типа 1:1

1. Удаление всех дисциплин с кодом кафедры 6 из таблицы «Дисциплины», например, с помощью следующего SQL-запроса: **DELETE FROM «Дисциплины» WHERE «Код кафедры»=6**.

2. Удаление кафедры из таблицы «Кафедры» с помощью стандартной функции. На данный момент это единственный известный способ решения проблемы. Однако он обладает существенным недостатком: перед каждым удалением записи необходимо проверять, какие таблицы связаны с данной (с учетом возможной рекурсии ссылок: в отличие от данного примера, реальные системы имеют не две, а десятки связанных таблиц). Данный вопрос не рассматривается авторами большинства руководств по СУБД, либо упоминается, что данный механизм в БД Paradox не реализован, и удаление необходимо выполнять вручную.

Суть предлагаемого метода реализации каскадного удаления в среде Borland C++ Builder, использованной при программировании разработанной системы, заключается в создании собственного специализированного компонента на базе существующего компонента TTable.

Наследование от компонента TTable выполняется следующим образом:

```
class PACKAGE MyTable : public TTable
```

```

{
    Конструктор разработанного класса имеет стандартную форму
    __fastcall MyTable(TComponent* Owner)

```

И вызывает в процессе работы конструктор родительского класса TTable:

```
__fastcall MyTable::MyTable(TComponent* Owner): TTable(Owner)
```

Регистрация компонента, необходимая для его дальнейшего использования, выполняется следующим образом (компонент включен в группу «Samples»):

```

namespace Mytable
{
    void __fastcall PACKAGE Register()
    {
        TComponentClass classes[1] = { classid(MyTable)};
        RegisterComponents("Samples", classes, 0);
    }
}

```

Для реализации метода каскадного удаления в классе MyTable предусмотрена специальная переменная status, характеризующая состояние таблицы в конкретный момент времени. Применительно к примеру, изображенному на рис. 1, состояние может быть закодировано следующим образом:

- 0 – текущая таблица закрыта;
- 1 – текущая таблица открыта и является таблицей «Кафедры»;
- 2 – текущая таблица открыта и является таблицей «Дисциплины».

Эти значения могут задаваться в программе непосредственно, либо с помощью специальных методов MyOpen() и MyClose(), автоматически устанавливающих требуемое состояние таблицы. Код метода MyOpen() может выглядеть следующим образом:

```

void __fastcall MyTable::MyOpen()
{
    if (this->TableName=="Кафедры") status=1;
    if (this->TableName=="Дисциплины") status=2;
    this->Open();
}

```

Соответствующий ему код метода MyClose():

```

void __fastcall MyTable::MyClose()
{
    this->Close();
    status=0;
}

```

Для создания каскадной таблицы применяется следующий метод:

```

.....
void MyTable::CreateCTable()
{
    if (ct==NULL) {
        ct=new DTable(0);
        ct->DatabaseName=this->DatabaseName;
    }
}

```

В данной функции использована переменная **ct**, ранее определенная внутри класса как **MyTable "ct"**; ее проверка необходима, чтобы избежать повторного создания уже существующего объекта. Аналогичные действия должны быть предприняты при уничтожении объекта, чтобы избежать утечек памяти:

```

__fastcall MyTable::~MyTable()
{
    if (ct!=NULL) delete ct;
}

```

Собственно метод каскадного удаления реализуется следующим образом:

```

void __fastcall MyTable::MyDelete()
{
    int a,b, i, n;
    switch (status) {
        case 0: break;
        case 1: a=this->FieldByName("Код кафедры")->AsInteger;
            CreateTable();
            ct->TableName="Дисциплины";
            ct->MyOpen();
            n=ct->RecordCount;
            ct->First();
            for(i=0;i<n;i++)
            {
                b=ct->FieldByName("Код кафедры")->AsInteger;
                if (a==b) ct->MyDelete();
                else ct->Next();
            }
    }
}

```

```
ct->Close();
this->Delete();
break;
case 2: this->Delete();
break;
```

При удалении записи из таблицы «Кафедры» открывается каскадная таблица «Дисциплины» и из нее удаляются все записи с требуемым кодом кафедры. Далее производится удаление записи в таблице «Кафедры».

Предложенное решение сочетает в себе достоинства как ручного, так и автоматизированного метода: позволяет самостоятельно определять действия, которые будут выполняться при удалении, модификации, добавлении записей и при этом не требует детализации последовательности действий для каждого конкретного случая, как при ручном методе. Фактически программист задает необходимые транзакции, которые позволяют работать со связанными таблицами.

Разработанный шаблон позволяет реализовать не только каскадное удаление, но и добавление, а также модификацию данных. Кроме того, он пригоден для работы с несколькими внешними ключами, что достаточно актуально в современных программных продуктах.

УДК 004.514.62

Ненадоев И.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ «ОБЛАКО ТЕГОВ» ДЛЯ ДОСТУПА К АРХИВАМ ДОКУМЕНТОВ

По мере роста емкости накопителей и, соответственно, архивов документов, проблема поиска информации приобретает все более острый характер, а падение эффективности иерархических файловых систем как средства упорядочения становится все более заметным. На передний план выходят такие проблемы каталогизации, как необходимость дисциплинированного подхода к именованию и размещению файлов, вдумчивому составлению названий, а также значительные трудозатраты по разбору уже существующего хаоса.

Системы локального поиска по содержанию документов получили распространение на рабочих местах пользователей начиная с 2004 года. Разработчиками таких систем были опробованы два подхода: сканирование в процессе поиска и использование заранее составленных индексных таблиц. Поиск по первому варианту занимает слишком продолжительное время (а при использовании в локальной сети приводит к абсолютно неприемлемым задержкам); поэтому он не получил значительного распространения. Поиск с предварительным индексированием, занявший большую долю рынка, также нельзя назвать идеальным решением проблемы, поскольку операция индексирования – ресурсоемкая процедура, которая должна постоянно выполняться в фоновом режиме для обеспечения актуальности результатов поиска, тем самым заметно повышая нагрузку системы и снижая срок службы аппаратного обеспечения.

В дополнение к сказанному поиск сам по себе – отнюдь не идеальное решение. Применение вместо поиска информации визуального ориентирования в ее потоке, основанного на системе информационных тегов документов, позволяет увеличить наглядность и интуитивность интерфейса, упростить ориентирование человека в информационном пространстве.

Хотя фолксономические системы активно применяются в интернет-ресурсах с обширной базой документов, для локальных хранилищ документов их возможности не задействованы. Отчасти это вызвано их относительно недавним появлением и тем, что готовые реализации на сегодняшний день доступны лишь на языках веб-программирования.

Таким образом, облако тегов (tag cloud) – структура, называемая также взвешенным списком, используемая для визуального представления категорий – применяется в веб-технологиях. Теги, из которых формируется облако, это обычно отдельные слова, и перечисляются они, как правило, в алфавитном порядке. При этом важность тега отображается размером шрифта или цветом. Например, размер может быть функцией частоты упоминания ключевых слов. В любом случае, размер изображения тем больше, чем выше релевантность данного слова (термина, имени); и пользователь может найти нужный тег как по алфавиту, так и по релевантности. Тег обычно играет роль гиперссылки, так что активация тега осуществляет переход по заданному адресу, позволяя пользователю углубляться в поток данных [1, 2].

В памяти облако тегов хранится в виде массива взвешенных слов. Типичное облако включает от 30 до 150 тегов. Структура имеет значительно большую емкость по сравнению с такими традиционными способами отображения взвешенных массивов слов, как круговые диаграммы или гистограммы, наглядность которых резко ухудшается, когда число весовых коэффициентов превышает полтора десятка. В свою очередь, представление взвешенных массивов облаком тегов дает меньшую точность [3, 4].

Первая публикация, касающаяся облака тегов (или по крайней мере взвешенного списка) – по-видимому роман Д. Коупленда «Microserfs», вышедший в 1995 г.

Широкому кругу пользователей облако тегов оказалось впервые доступным на хостинге изображений Flickr, в виде разработки соучредителя Flickr дизайнера С. Баттерфилда [3]. В свою очередь, эта визуализация ссылок вебсайта базировалась на программе «Search Referral Zeitgeist» Дж. Фланагана, представлявшей из себя написанный на языке perl скрипт для визуализации частотного распределения источников перехода на заданную web-страницу.

Выделяют три главных типа приложений, основанных на концепции облака тегов. Типы эти отличаются скорее назначением, чем внешним видом. В первом типе вводится облако тегов для каждого объекта, тогда как во втором типе имеются глобальные облака тегов, где приоритеты объединены по всем объектам и пользователям.

В первом типе размер является функцией количества применений тега к конкретному объекту. Облако тегов первого типа полезно как средство отображения метаданных об объекте, по которому проводилось голосование среди пользователей, и при этом точные результаты не важны. Пример – музыкальный сервис Last.fm, использующий этот метод как средство отображения жанра, которым были промаркированы артист или трек.

Во втором, более широко используемом типе, размер представляет число объектов, к которым тег был применен, т.е. является отражением популярности каждого тега. Примеры этого типа облака тегов используются в хостинге изображений службы Flickr и агрегаторе блогов Technorati.

В третьем типе теги используются как метод классификации элементов контента. Теги представлены в облаке, где большие теги представляют количество элементов контента, удовлетворяющих данной категории.

Более широко та же самая визуальная техника может использоваться для визуализации нетеговых данных [1], как в облаке данных (data cloud). Облако данных представляет собой панель, использующую цвет и размер шрифта для отображения численных данных, таких как рост населения или котировки валют и др. Рисунок 1 демонстрирует пример такого применения. Размером шрифта обозначено изменение цены акции, а цвет показывает положительное или отрицательное направление изменения.

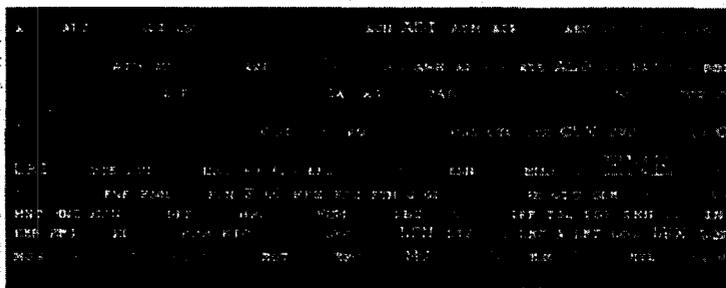


Рис. 1. Использование облака данных для отображения изменения курса акций

Облака тегов типично представляются посредством активных элементов HTML. Теги могут перечисляться в алфавитном порядке, в случайном порядке, они могут быть сортированы по значимости и др. В некоторых случаях выполняется семантическое группирование тегов так, чтобы сходные теги очутились рядом. Независимо от группирования тегов могут использоваться эвристические методы для уменьшения размера облака [3].

Для апробации предложенных навигационных решений применительно к архивам документов нами использована база текстовых документов, произвольно снабжавшаяся пользовательскими тегами. Документы добавлялись в архив постепенно, и к концу исследованного периода их число достигло 745. В подавляющем большинстве теги формировались пользователями в момент добавления документа. На рис. 2 показан фрагмент облака тегов документов, построенного в результате работы с системой.

cad dev gis gui lectures net prg sci sql srv Use vir

Рис. 2. Облако тегов документов

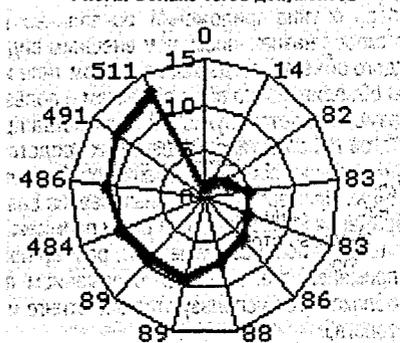


Рис. 3. Рост числа тегов за время существования системы

Рисунок 3 демонстрирует динамику роста числа тегов за время существования архива, которое указано в днях. Как можно видеть, в результате число фолксномических категорий достигло 13.

Частота использования тегов в эксперименте оказалась неравномерной. Рисунок 4 показывает число документов, промаркированных в результате каждым из 13 тегов, а также отражает для каждой категории число документов, промаркированных более чем

одним тегом. Как видно, 23% из созданного массива тегов пользуются значительной популярностью, 31% включает 5-10 документов, а остальными 46% тегов представлены уникальные и малоиспользуемые категории. Следует учитывать, что полученные соотношения могут являться функцией тематической направленности использованного архива. Для получения более точной картины частотного распределения документов по категориям необходимо дополнительное исследование с привлечением значительного количества пользователей.

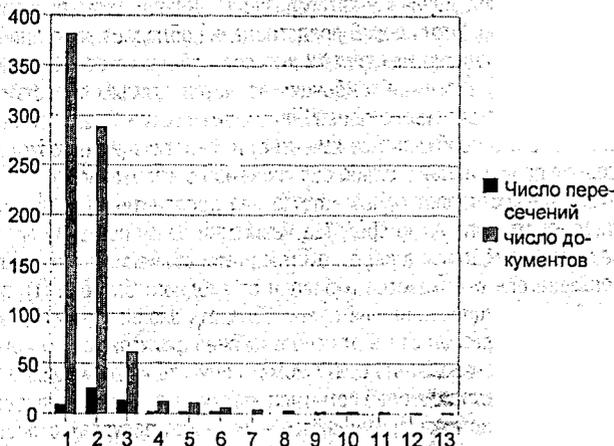


Рис. 4. Соотношение численности промаркированных тегом документов с количеством пересечений

Равномерность роста числа тегов, наблюдаемая на рисунке 3, в свою очередь свидетельствует о непрерывных коррективах, вносимых в пользовательскую систему классификации. Это делает выигрышным предложенный фолксномический подход по сравнению с таксономией и фасетизацией, требующими заранее определенной строгой иерархии каталогов и налагающими на пользователя дополнительные расходы на периодически повторяющуюся реструктуризацию архива, плавно возрастающие по мере увеличения числа хранимых документов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mathes A. Folksonomies – Cooperative Classification and Communication Through Shared Metadata. / Computer Mediated Communication - LIS590CMC <http://www.adammathes.com/academic/computer-mediated-communication/folksonomies.html>
2. Раскин Дж. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. – СПб.: Символ-Плюс, 2003.
3. Aouiche K., Lemire D., Godin R. Collaborative OLAP with Tag Clouds: Web 2.0 OLAP Formalism and Experimental Evaluation WEBIST 2008. <http://arxiv.org/abs/0710.2156>
4. Kaser O., Lemire D. Tag-Cloud Drawing: Algorithms for Cloud Visualization Tagging and Metadata for Social Information Organization (WWW 2007) <http://arxiv.org/abs/cs/0703109>

ПРИМЕНЕНИЕ СВЯЗАННЫХ СПИСКОВ ДЛЯ НАВИГАЦИИ В ФOLKCOHOMИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

В последнее время в интернет-технологиях находят применение системы фолксномического упорядочения данных - категоризации информации посредством произвольно выбираемых тегов. Этот способ представления обладает рядом преимуществ по сравнению с более традиционными типами классификаций: таксономической (иерархической) и фасетной. Наблюдаемая тенденция является прямым следствием ограничений таксономии (если объект можно привязать только к одному узлу, становится невозможным описать все его необходимые качества) и фасетизации (необходимость существования заранее продуманной и слабо расширяемой системы тегов).

Фолксномия предоставляет пользователю ряд дополнительных преимуществ: возможность использовать наглядные средства навигации сразу по всему пространству тегов, а также актуализирующийся в реальном масштабе времени набор категорий классификатора. Пользователь оказывается избавлен от входного барьера [1], поскольку для начала работы (классифицирования) не нужно обладать знанием о существующем классификаторе. При этом обратная связь от использования фолксномии мгновенна: при назначении объекту тега, пользователь сразу может получить информацию о том, что еще помечено тем же тегом, сколько людей пометили этот объект, и как теги пересекаются.

Фолксномические системы применяются в интернет-ресурсах с обширной базой документов. Пример типичного использования тегов документов - агент чтения новостей Google Reader. Новостные статьи, читаемые в рамках Google Reader, можно «тегировать» - маркировать уникальными ключевыми словами или фразами, чтобы упростить процесс персональной категоризации и группировки входящего контента. Кроме произвольных тегов, контент также можно маркировать как «избранное», в качестве дополнительного тега или маркера для идентификации важных статей. Функция фильтрации позволяет выбирать только те потоки, которые соответствуют введенным ключевым словам (фильтр применяется только к заголовкам фидов).

В Google Reader интегрированы также средства поиска RSS/блогов. Их можно весьма эффективно использовать для нахождения релевантных RSS-источников и фидов на требуемые темы. Как только поиск заканчивается, все релевантные результаты отображаются с опцией их немедленного маркирования тегами и подписки на каждый из них.

Использование тегов документов упрощает навигацию по лентам новостей, позволяя отображать документы, за которыми закреплены определенные ключевые слова. Однако средства, применяемые для обзора пространства тегов (по аналогии с просмотром структуры каталогов файловой системы) весьма ограничены. В более простом варианте пользователю предоставляется одноранговый список тегов, из которого предлагается сделать выбор, чтобы дальше посмотреть относящиеся к тегу документы. Такой подход не позволяет отслеживать структуру сложного графа, который представляет собой развитая фолксномическая система. Вместе с тем отображение фолксномических данных в виде графа не получило широкого распространения из-за ряда топологических и эргономических недостатков. Вместо отображения графа тегов в современных интернет-ресурсах применяется отображение их взвешенного списка, известное как облако тегов (tag cloud).

Частота упоминаний ключевых слов отображается в виде изображения соответствующих тегов в формате гиперссылки. Размер изображения тем больше, чем выше релевантность данного слова (термина, имени). В памяти облако тегов хранится в виде массива взвешенных слов. Типичное облако включает от 30 до 150 тегов. Структура имеет значительно большую емкость по сравнению с такими традиционными способами отображения взвешенных массивов слов, как круговые диаграммы или гистограммы, наглядность которых резко ухудшается, когда число весовых коэффициентов превышает полтора десятка. В свою очередь, представление взвешенных массивов облаком тегов дает меньшую точность, а ее одноуровневая организация не предполагает ни развитой навигации, ни отслеживания внутренних связей между тегами [1, 2].

Нами разработана экспериментальная система фолксономической навигации по документам, использующая для визуализации категорий структуру связанных списков.

Навигация по системе связанных списков, по нашему мнению, перспективна для фолксономического представления, изначально была реализована в менеджере рабочего пространства системы NextStep для визуализации файловой системы. В режиме просмотра (browsing) файловый менеджер предоставляет пользователю два средства навигации: Icon Path и View Area. Icon Path представляет траекторию от корня файловой системы к текущему каталогу либо выбранному файлу. View Area отображает содержание файловой системы. Она представляет графическим способом среду выдвинутого на первый план объекта в виде последовательности списков содержимого элементов из Icon Path [3, 4].

В разрабатываемой системе данные о документах и их информационных тегах организованы в базу данных в виде таблицы. Каждая запись в таблице соответствует информации об одном документе, а ее поля заполняются свойствами этого документа. Для хранения информации о выборе пользователем документов и их информационных тегов при навигации по связанным спискам использована структура данных, приведенная на рисунке 1.

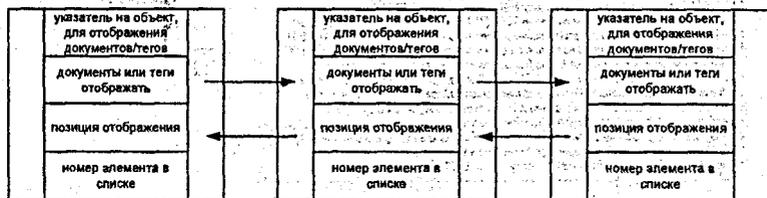


Рис. 1. Структура данных в виде двунаправленного списка

Структура хранит цепочку выбора пользователя [4] и обеспечивает легкое передвижение по ней. Если пользователь возвращается на несколько шагов назад и осуществляет выбор в другом направлении, часть прежней цепочки удаляется и создается новая.

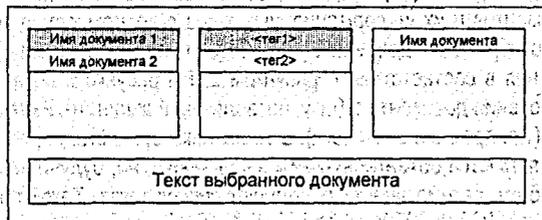


Рис. 2. Навигация по тегам

На рисунке 2 показана цепочка из трех списков документов/тегов; один из которых является активным. По мере продвижения пользователя по базе изменяются отображаемые элементы путем манипуляций с их видимостью и/или координатами расположения на форме. Вследствие того, что тег <тег> указан только для первого объекта, в третьем списке отображается только его название. При выборе тега <тег2> у второго объекта имени первого и второго объектов отображаются в третьем списке, т.к. выбранным тегом промаркированы оба. Аналогичный результат в третьем списке будет получен при выборе тега <тег2> у первого объекта.

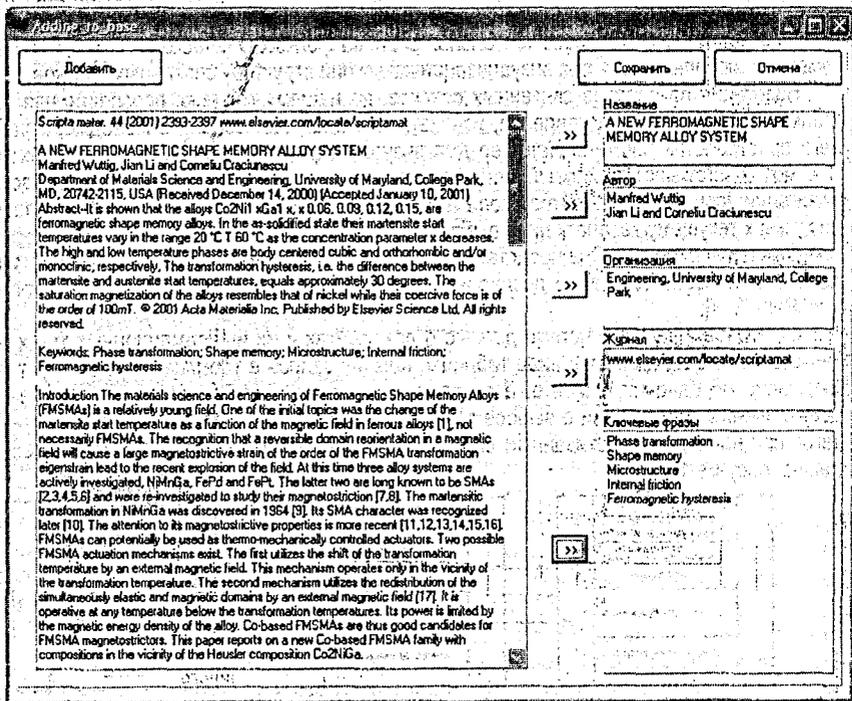


Рис. 3. Добавление документа в базу

Для апробации предложенного интерфейсного решения реализована программная система ведения архива документов с интерфейсом, позволяющим ориентироваться по спискам документов и их информационных тегов с возможностью возврата по цепочке выбора. Для отображения документов и их тегов использована метафора View Area, модифицированная в соответствии с рисунком 2. На рисунке 3 показан диалог первоначального включения документа в базу, позволяющий выделить из текста документа ключевые слова (т.е. произвольные теги), а также некоторые стандартные метаданные. Метаданные не являются обязательными к заполнению, но, будучи введены при внесении документа в базу, автоматически пополняют список тегов. Такой подход к заполнению метаданных может быть отнесен к нечеткой фасетизации и является целесообразным

при работе с документами стандартного типа (в приведенном примере – архивом научных статей), т.к. стимулирует пользователя к изначальной тегированию информации, поиск по которой впоследствии весьма вероятен. Рисунок 4 демонстрирует возможность циклического перемещения по спискам на примере четырех панелей, первая из которых отображает список тегов, вторая – список статей, соответствующих выбранному тегу либо всех статей (если тег не выбран), третья панель отображает теги выбранного документа, сужая тем самым поиск, а четвертая является копией второй, показывая список документов, соответствующих тегу, выбранному в третьей панели.

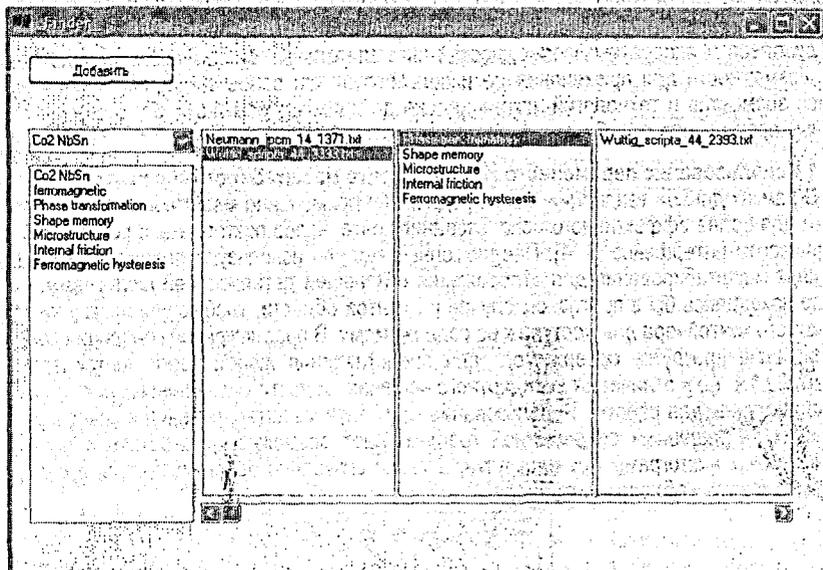


Рис. 4. Реализация системы связанных списков для архива документов

ЛИТЕРАТУРА

1. Mathes A. Folksonomies – Cooperative Classification and Communication Through Shared Metadata. / Computer Mediated Communication - LIS590CMC <http://www.adammathes.com/academic/computer-mediated-communication/folksonomies.html>
2. Kaser O., Lemire D. Tag-Cloud Drawing: Algorithms for Cloud Visualization Tagging and Metadata for Social Information Organization (WWW 2007) <http://arxiv.org/abs/cs/0703109>
3. Leeuw D. GWorkspace User Guide. <http://qnu-step.made-it.com/GWorkspace/GWorkspace.html>. March 29, 2006
4. Раскин Дж. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. – СПб.: Символ-Плюс, 2003.

ОБЛЕГЧЕНИЕ НАВИГАЦИИ ПО ФАЙЛОВОЙ СИСТЕМЕ С ПОМОЩЬЮ ВЫБОРОЧНОГО МАСШТАБИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

ВВЕДЕНИЕ

Интерфейсные решения, применяемые для навигации по файловой системе; принято полагать сложившимися, а наличие эффективных файловых менеджеров с высокими эргономическими показателями на длительное время снизило интерес исследователей к данной сфере. Однако наблюдаемый в последнее время рост разрешающей способности дисплеев и аппаратных возможностей вычислительных систем предоставляет новые возможности для применения не использовавшихся ранее в графическом интерфейсе элементов и технологий, потенциально дающих программному обеспечению заметные преимущества [1, 2].

1 Использование переменного коэффициента масштабирования пиктограмм

В рамках данной тенденции нами предложено применение масштабных преобразований для более эффективного использования контейнеров пиктограмм в современном графическом интерфейсе [3, 4]. Предложенные модели используют переменный коэффициент масштабирования для отображения с меньшей детализацией пиктограмм, которые находились бы в противном случае в скрытой области, требующей прокрутки содержимого контейнера для доступа к ее содержимому. В предложенной концепции также реализована прокрутка содержимого для представления любой части контейнера в масштабе 1:1, но в отличие от стандартного решения, области уменьшенных пиктограмм также доступны для работы. Использование градиента масштабирования в сочетании с большим разрешением современной графики дает возможность работать с частью уменьшенных пиктограмм без прокрутки, а также визуально ориентироваться в содержимом «скрытой» области контейнера.



Рис. 1. Градиентное масштабирование пиктограмм

Такой подход позволяет ослабить противоречия, изначально присущие стандартным средствам организации прокрутки. Согласно требованиям эргономики, полоса прокрутки, как наименее информативный элемент интерфейса, должна занимать минимум рабочего пространства и располагаться на его периферии. Однако это делает доступ к ней крайне невыгодным по времени, которое по закону Фитса [1, 2] определяется как $t = a + b \log_2(D/S + 1)$ (здесь D – расстояние от начальной позиции курсора до объекта, S – размер объекта вдоль линии перемещения курсора, a , b – константы, определяемые производительностью оператора). Кроме того, как элемент, расположенный на периферии окна, полоса прокрутки должна иметь хотя бы одну «бесконечную» размерность [1], что на практике не реализуется из-за наличия рамки окна.

Области уменьшенных пиктограмм также располагаются на периферии рабочего окна, однако, благодаря существенно большей информативности, увеличение их размера

оказывается эргономически оправданным, а от пользователя не требуется позиционировать указатель на узкой полосе вдоль границы окна.

2 Использование периферийных областей окна

С точки зрения эргономики расположение уменьшенных пиктограмм на периферии рабочей области, а пиктограмм с единичным масштабом - в ее центральной части может быть обосновано использованием аналогии с периферическим зрением (ПЗ) человека.

ПЗ, называемое часто также боковым или палочковым зрением, играет важную роль в ориентировании в окружающей среде (согласно [5], зона ПЗ более чем вдвое перекрывает угол обзора прямого зрения).

Световые лучи от рассматриваемых предметов проходят через оптическую систему глаза (роговицу, хрусталик и стекловидное тело) и попадают на фоторецепторы сетчатки - колбочки и палочки. Основная масса колбочек сосредоточена в центральной части сетчатки, по мере удаления количество колбочек уменьшается, а число палочек возрастает, в результате чего на периферии сетчатки имеются только палочки. Колбочки, обладающие высокой разрешающей способностью, участвуют в точном восприятии формы, цвета и деталей предмета. Палочки, имеющие малую разрешающую способность, как раз и обеспечивают ПЗ. Из-за их меньшей разрешающей способности форма предмета, находящегося в зонах ПЗ, воспринимается менее четко. Таким образом, центральное зрение дает возможность рассматривать мелкие детали и опознавать предметы, а периферическое служит в основном для ориентирования в пространстве, обнаружения предметов и восприятия различных движений.

При работе с пиктограммами, которые представляют собой статические объекты, палочковое зрение делает ориентацию в рабочей области более наглядной, уменьшая нагрузку на запоминание расположения документов и их элементов. Поэтому доступ ко всей площади виртуального рабочего пространства, хотя бы с меньшей детализацией, безусловен, важен при организации интерфейса.

Практика показывает, что использование аналогии ПЗ повышает комфортность взаимодействия с интерфейсом программного продукта, делая его тем самым более конкурентоспособным на рынке ПО. Хотя напрямую использование уменьшенных изображений (тумбнейлов) часто не связывается дизайнерами интерфейсов с понятием ПЗ, характерные особенности модели ПЗ можно наблюдать в ряде популярных программных продуктов (рисунок 2). Интуитивность таких продуктов выше благодаря задействованию природных способов ориентирования человека в пространстве [2].

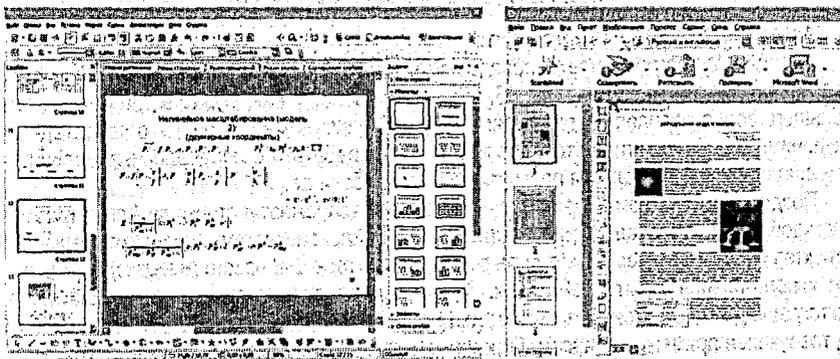


Рис. 2. Пример аналогии ПЗ в программных продуктах

3 Производительность

Потенциальные недостатки, присущие предложенной технологии, можно разделить на две категории: проблемы интуитивности использования пиктограмм переменного масштаба и проблемы производительности при их отрисовке. Если проблемы первой категории частично перекрываются за счёт естественности восприятия аналогии ПЗ, позволяющей пользователю быстро освоиться в системе, то проблемы второй категории, особенно при работе с большим количеством файлов, вызывают дополнительные вопросы.

На основе предложенного алгоритма было разработано тестовое программное обеспечение и выполнена оценка временных затрат, связанных с навигацией по файловой системе. Результаты тестов представлены на рис. 3. Как можно видеть, были апробированы два подхода к отрисовке пиктограмм – с использованием высокоуровневой библиотеки VCL/CLX и низкоуровневого интерфейса программирования Windows GDI+. В эксперименте использовались пиктограммы размером 64x64 пиксела. Эксперименты проводились на современной рабочей станции с процессором P4 2.0 ГГц.

Наблюдаемая зависимость потребления времени от количества подлежащих отрисовке пиктограмм близка к линейной. Следует отметить незначительность временных затрат на пересчет размещения пиктограмм по сравнению с временем отрисовки при использовании неоптимизированных средств вывода графики и их сравнимость с временем отрисовки на основе оптимизированного механизма GDI+. Согласно полученным данным временной фактор не является значащим при определении целесообразности использования переменного масштаба пиктограмм.

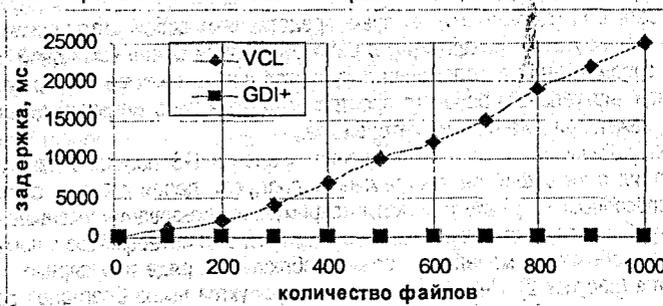


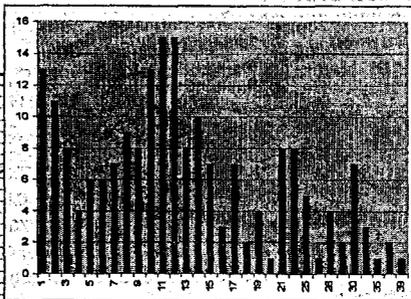
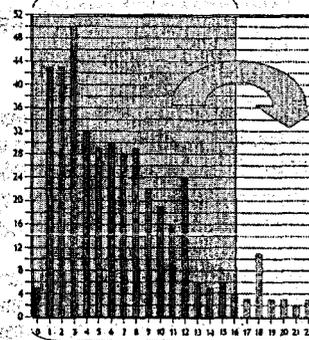
Рис. 3. Тест производительности алгоритма

4 Просмотр файлов без прокрутки

Величина пиктограмм претерпевала изменения с ростом возможностей графических подсистем, проходя типоразмеры 16, 32 и 64 пиксела. Таким образом, даже с учетом меньшего зерна дисплея [6] пиктограмма и ее подпись в масштабе 1:2 остаются легко различимыми. На практике это дает возможность работать с определенным количеством пиктограмм, не используя прокрутку в каком-либо виде.

Предположим, что окно файлового менеджера отображает 4 строки по 4 пиктограммы в каждой. Определенное подмножество папок файловой системы содержит менее 16 объектов и таким образом может быть отображено в окне файлового менеджера целиком, без использования скрытых областей. В то же время, при использовании одной строки пиктограмм для масштабированного отображения, максимальное число объектов в папке, не требующее применения масштабирования с коэффициентом большим 1:2, оказывается равным 28, т.е. число комфортно просматриваемых объектов увеличивается на 75%.

Папки, полностью отображаемые без масштабирования пиктограмм



Папки, полностью отображаемые благодаря масштабированию пиктограмм

Рис. 4. Распределение папок файловой системы по числу содержащихся в них объектов

Ситуацию наглядно иллюстрирует рисунок 4, на котором приведены частотные диаграммы заполнения папок объектами (отображение частоты, с которой встречается папка с заданным числом объектов). В качестве подмножества файловой системы выбран архив с документами, а также, на вставке, архив мультимедийных файлов. Можно видеть, что, хотя большая часть папок содержит менее 16 объектов, зона дополнительных 75%, обеспечиваемая масштабированием, включает значительное число папок, и что частота, с которой встречаются папки, требующие масштабирования с большими коэффициентами, заметно меньше и равна единице для многих вариантов.

Следует также отметить существенную вероятность выйти из зоны единичного масштабирования в зону с масштабом 1:2 при навигации по файловой системе, когда папки отображаются рекурсивно одна за другой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раскин Дж. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. СПб.: Символ-Плюс, 2003. – 272 стр.
2. Борушко И.Н., Гоманова Е.В., Костюк Д.А. Применение модели периферического зрения в графическом интерфейсе пользователя. // Современные информационные компьютерные технологии: сб. науч. ст. – Гродно: ГрГУ, 2006. – С. 22-27.
3. Тавониус К.А. Использование переменного масштаба пиктограмм для навигации по файловой системе. // Современные проблемы математики и вычислительной техники: материалы V Республиканской научной конференции молодых учёных и студентов, Брест, 28-30 ноября 2007 г. – Брест: БрГУ, 2007. – С. 134-137.
4. Тавониус К.А. Применение масштабных преобразований пространства пиктограмм для навигации по файловой системе // Современные информационные компьютерные технологии: труды междунар. конф. (на оптическом носителе). – Гродно: ГрГУ, 2008.
5. Парфенов В. Дизайн аудио-видео среды. Оптические расчёты. 2004. <http://www.homeav.ru/HomeCin/OptiCalc.html>
6. Прэтт У., Цифровая обработка изображений, 1982.

МОДЕЛИ ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ КОМПАКТНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА ПИКТОГРАММ

ВВЕДЕНИЕ

В [1] ориентирование в современном программном интерфейсе сравнивается с лабиринтом, чтобы подчеркнуть неудобство ситуации, когда пользователь не имеет возможности видеть одновременно, хотя бы схематично, изображение всего рабочего пространства. В основном такой подход вызван ограниченностью аппаратных ресурсов персонального компьютера, не позволяющих задействовать большие площади для вывода информации.

В последнее время все большее внимание уделяется попыткам использовать уменьшенный масштаб изображений, не находящихся в фокусе работы пользователя, для увеличения наглядности и интуитивности интерфейса [2]. Не в последнюю очередь оживление в данной области связано с ростом разрешающей способности дисплеев, делающей более информативной технологию применения уменьшенных изображений объектов для предварительного просмотра (previews или thumbnails).

Практика показывает, что использование тумбейлинга повышает комфортность взаимодействия с интерфейсом программного продукта, делая его тем самым более конкурентоспособным на рынке ПО.

Ниже нами предлагаются две модели для отображения пространства пиктограмм, использующие переменный масштаб изображений: модель линейной прокрутки и модель гравитационной аномалии. Обе модели разработаны на примере файлового менеджера, как типичного приложения, интерфейс которого основан на контейнере с пиктограммами.

1. Модель линейной прокрутки

Попытка размещения пиктограмм файлов с переменным масштабом смоделирована в данной модели в виде разделения рабочей области на три зоны: центральную 2 и периферийные 1 и 3 (рис. 1). В зоне 2, имеющей стандартное разрешение, расположены пиктограммы, с которыми пользователь работает непосредственно в данный момент. В зонах 1 и 3 разрешение пиктограмм понижается (соответственно увеличивается масштаб) в направлении от центра:

$$\Delta y = \begin{cases} C, y \in 2 \\ C \cdot \alpha(y), y \in 1, y \in 3 \end{cases}$$

где Δy – размер зерна (расстояние между центрами отдельных точек изображения), C – константа, определяющая единичный размер зерна, соответствующий области 2, $\alpha(y)$ – функция пространственных искажений [4], монотонно возрастающая и имеющая область значений, принадлежащую интервалу $(0; 1]$.

В зоне 2 пиктограммы построчно размещаются в масштабе 1:1. Площадь пиктограммы в этом случае равняется $M \times N$ (ширина и высота области вывода пиктограммы); таким образом, окно размером $W \times H$ может вместить максимум $(W/M)(H/N)$ пиктограмм. Если A (число пиктограмм для размещения) превышает данное, то $A - (W/M)(H/N)$ пиктограмм попадает в дополнительные зоны 1 и 3.

В дополнительной зоне они размещаются в масштабе $1:2^n$, где n – номер строки. Нумерация строк начинается с единицы, и счёт идёт от зоны 2 (в зоне 1 – снизу вверх, а в зоне 3 – сверху вниз – см. рис. 1). Таким образом, в первой строке зоны 3 – размер пиктограммы равен $(M/2)(N/2)$, а в n -й строке зоны 3 – $(M/2^n)(N/2^n)$. На практике пиктограммы

с размерами менее 4×4 являются неинформативными. Поэтому для большей читаемости представляется целесообразным ограничить уменьшение размера пиктограмм, сведя правило пересчета для n -й строки к $\max\{(M/2^n)(N/2^n), (M/2^4)(N/2^4)\}$. При этом в n -ю строку попадает $\min\{2^n(W/M), 2^4(W/M)\}$ пиктограмм.

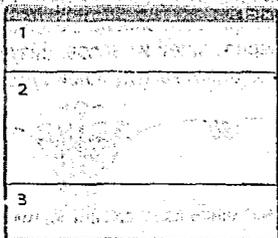


Рис.1. Зонирование окна

Аналогичная ситуация наблюдается с подписями к пиктограммам, традиционно содержащими имя файла, иногда сопровождаемое дополнительной сервисной информацией. Вывод текстовых подписей искусственно подавлялся при $n > nT$ для более ясного восприятия содержимого окна. Значение nT выбирается исходя из требования к усредненному коэффициенту запечатывания знакоместа не более 70%.

После размещения пиктограмм проводится оценка на оптимальность. Критерием для проверки является разница между размерами дополнительной зоны и суммарными размерами области вывода пиктограмм в данной зоне. Если разница равна нулю, размещение оптимально. В противном случае итеративно увеличивается количество строк для каждого n , начиная со строк с меньшими номерами. Операция выполняется с увеличением n до получения оптимального размещения.

Прокрутка содержимого основной зоны осуществляется при использовании аппаратных средств прокрутки манипулятора мышью, или путем нажатия левой кнопки мыши в момент нахождения указателя в одной из дополнительных зон. При выполнении прокрутки содержимого основной зоны вниз последние W/M пиктограмм из основной зоны перемещаются в зону 3 и при этом приобретают масштаб 1:2. Соответственно, из зоны 1 последние W/M пиктограммы перемещаются в основную зону, принимая масштаб 1:1. После перемещения выполняется описанная выше проверка на оптимальность размещения пиктограмм. При прокрутке в другую сторону имеет место обратная ситуация.

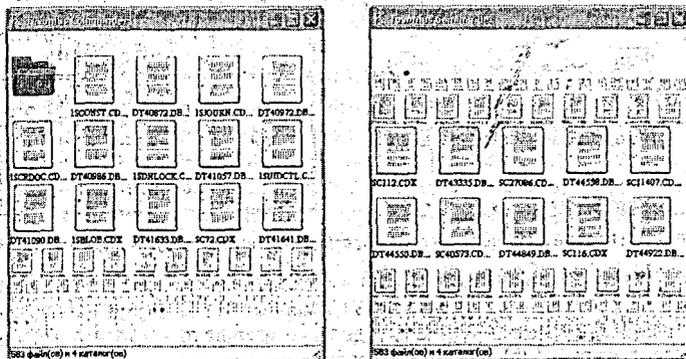


Рис. 2. Реализация прокрутки при большом количестве объектов

2 Модель гравитационной аномалии

Согласно этой модели, масштаб пиктограммы $\alpha(w)$ является следствием деформации упругой ткани рабочего пространства (панели контейнера пиктограмм) под воздействием веса w , приходящегося на дискретную единицу площади. Всем пиктограммам контейнера присваивается единичный вес w_0 , и в результате на каждом дискретном участке величина искривления поверхности определяется плотностью расположения пиктограмм в данной зоне, т.е. суперпозицией их весов. Визуально искривление поверхности представляется масштабом пиктограммы (глубиной тумбнейлинга).



Рис. 3. Схематичное изображение аномалии в разрезе

На рисунке 3 представлено схематичное изображение рассматриваемой аналогии. Для наглядности на иллюстрации деформация зоны расположения пиктограммы отображена не изменением ее масштаба α , а глубиной n , на которой пиктограмма расположена. При реализации же концепции гравитационной аномалии в графическом интерфейсе благодаря переменному масштабу $\alpha(n)$ оказываются одновременно видны.

Такой подход позволяет отказаться от использования полос прокрутки в контейнере. Поскольку традиционным средствам прокрутки присущ ряд недостатков (противоречия между доступностью и наглядностью при выборе размера, препятствие использованию бесконечных размерностей) [1, 3], разработка альтернативных средств навигации по виртуальному рабочему пространству, использующих увеличенные разрешающую способность и размеры современных дисплеев, является актуальной задачей.

На рис. 4 (а) представлено окно элементарного файлового менеджера, разработанного для апробации предложенного подхода.

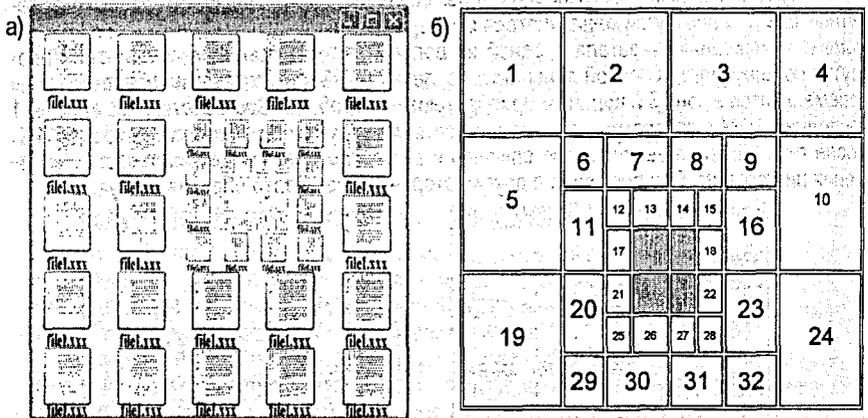


Рис. 4. Реализация модели (а) и фрагмент представления позиций пиктограмм делением на квадраты (б)

Для практической реализации модели использована структура данных квадратное дерево [4], которая позволяет представить двумерный объект в виде набора квадратов различного размера путем рекурсивного деления исходного квадранта. Процесс деления иллюстрирует рис. 4 (б), а на рис. 5 изображено квадратное дерево, описывающее процесс деления.

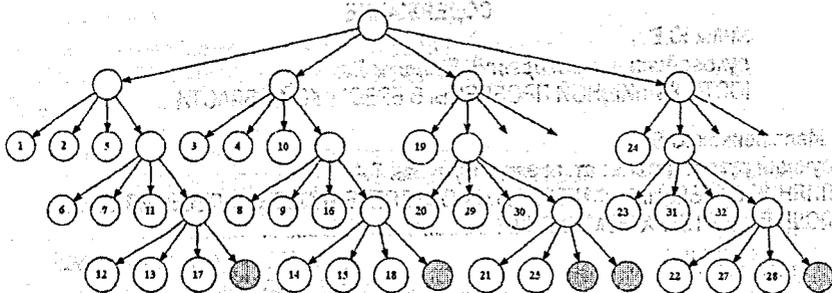


Рис. 5. Квадрантное дерево

Сетка строится следующим образом. Создается исходный (корневой) квадрант, содержащий объект целиком внутри себя. Этот квадрант делится на четыре квадранта путем деления каждой его стороны пополам. Затем квадранты классифицируются по положению относительно центра аномалии. Если квадрант *не лежит целиком внутри или снаружи объекта*, он делится дальше. Процесс деления продолжается до тех пор, пока не будет удовлетворено требование по размещению всех пиктограмм с получением размещения, приведенного на рис. 4 (а).

Как видно, для отображения гравитационной аномалии задействованы четыре позиции (число может варьироваться в зависимости от размеров контейнера). В рабочей зоне пиктограммы построено размещаются в масштабе 1:1. Площадь пиктограммы в этом случае равняется $M \times N$ (ширина и высота области вывода пиктограммы); таким образом, окно размером $W \times H$ может вместить максимум $(W/M)(H/N)$ пиктограмм. Если A (число пиктограмм для размещения) превышает данное, то число пиктограмм с единичным масштабом становится равным $(W/M)(H/N) - 4$, и, соответственно, $A - (W/M)(H/N) + 4$ пиктограмм попадает в зону аномалии.

В приведенном примере аномалия отражает дополнительные объекты, из которых 12 имеют половинный масштаб, оказываются распознаваемыми, и таким образом доступны для выбора пользователем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раскин Дж. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. СПб.: Символ-Плюс, 2003. – 272 стр.
2. Борушко И.Н., Гоманова Е.В., Костюк Д.А. Применение модели периферического зрения в графическом интерфейсе пользователя. Современные информационные компьютерные технологии: сб. науч. ст. – Гродно: ГрГУ, 2006. – С. 22-27.
3. Тавониус К.А. Использование переменного масштаба пиктограмм для навигации по файловой системе. // Современные проблемы математики и вычислительной техники: материалы V Республиканской научной конференции молодых учёных и студентов, Брест, 28-30 ноября 2007 г. – Брест: БрГТУ, 2007. – С. 134-137.
4. Yerry M.A., Shephard M.S. A Modified Quadtree Approach to Finite Element Mesh Generation // IEEE Comput. Graph., and Appl., «Construction of Polyhedra and Geometric Modeling», CAD Group Document № 100, Cambridge University Computer Laboratory, 1978.5. – pp. 39-46.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Малафейчик Ю.В.
Научный руководитель: ст. препод. Будурян Т.А.
ОСОБЕННОСТИ ЖИЛИЩНОЙ ПРОБЛЕМЫ В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ..... 4
2. Малафейчик Ю.В.
Научный руководитель: ст. препод. Будурян Т.А.
ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДЬЮ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ 8
3. Жукова М.В.
Научный руководитель: доц. Дедок В.Н.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАМЫВА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ И ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СВОЙСТВА НАМЫТЫХ ОСНОВАНИЙ..... 12
4. Халавчук В.С.
Научный руководитель: к.э.н., доц., профессор Бояринцев Г.А.
РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ООО «ОБЛИК»).... 16
5. Дёмин В.В., Рудницкий Д.С.
Научные руководители: профессор, к.т.н. Шведовский П.В., ст. препод. Дёмина Г.П.
ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ..... 19
6. Дёмин В.В., Рудницкий Д.С.
Научные руководители: профессор, к.т.н. Шведовский П.В., ст. препод. Дёмина Г.П.
ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ 23
7. Янчилин П.Ф.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Новосельцев В.Г.;
Научные консультанты: д.т.н., профессор Северянин В.С.; член-корреспондент БИТА, доцент Урецкий Е.А.
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ БИОГАЗОВОЙ СМЕСИ В РЕСУРСО-СБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ 28
8. Пархотик Р.А., Павленко С.Н.
Научный руководитель: д.т.н., профессор Северянин В.С.
ВЕТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ – ТЕРРИТОРИИ С МАЛЫМИ ВЕТРАМИ..... 32
9. Рудлевский Д.В.
Научный руководитель: доц. Игнатюк В.И.
УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА БЕСШАРНИРНЫХ АРОК 35
10. Рудлевский Д.В.
Научный руководитель: доц. Игнатюк В.И.
К-РАСЧЕТУ БЕСШАРНИРНЫХ АРОК НА ВЕРТИКАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ..... 39

11. Жданов А.А. <i>Научный руководитель: доцент Соловей П.И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТЕРЖНЕЙ В СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ СИСТЕМЕ.....	43
12. Игнатов А.Ю. <i>Научный руководитель: доц. Игнатюк В.И.</i> СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭВМ	46
13. Андреев М.С., Коцуба Е.И. <i>Научный руководитель: доц. Зуева Л.Ф.</i> СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПОСОБОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО И ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ.....	50
14. Макарук М.А., Мацкевич В.В. <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Юськович Г.И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ОБМАЗОК ПРИ ПОГРУЖЕНИИ СВАЙ.....	54
15. Добродей В.С., Соловьёва Е.В. <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Кузьмич П.М.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИОБЪЕКТНОГО СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	59
16. Кирьянов Д.В. <i>Научный руководитель: ст. преподаватель Срывкина Л.Г.</i> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ОАО «СТРОИТЕЛЬНЫЙ ТРЕСТ №8».....	61
17. Проживко О.Г. <i>Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.</i> СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЛЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ДОМ».....	66
18. Гурда А. А. <i>Научный руководитель: доцент Прокопеня О. Н.</i> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ЗА СЧЁТ УЧЁТА ВЛАЖНОСТИ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	69
19. Беломесова Д.Ю. <i>Научные руководители: проф. Черноиван В.Н., доцент Сташевская Н.А.</i> К ОЦЕНКЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ УТЕПЛЕННЫХ НАРУЖНЫХ СТЕН.....	72
20. Оборотова М.С. <i>Научный руководитель: ст. преподаватель Сенокосова О.В.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЧЁТА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	77
21. Власюк Л.Н. <i>Научный руководитель: к.т.н., доц. Житенев Б.Н.</i> ПРОБЛЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	81

22. Кривоблоцкий В.И. <i>Научный руководитель: профессор, д.г.н. Волчек А.А., ассистент Зубрицкая Т.Е.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ИСПАРЕНИЯ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ	84
23. Громько О.В. <i>Научный руководитель: доцент Громик Н.В.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ КРУПНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	87
24. Диюн В.В., Мацкевич В.В. <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Лукша В.В.</i> ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СТОКА РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ.....	92
25. Мацкевич В.В., Диюн В.В. <i>Научный руководитель: к.т.н., доцент Лукша В.В.</i> АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ВОДНОМУ РЕЖИМУ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ	96
26. Смирнов А.В. <i>Научный руководитель: доцент, к.т.н. Волкова Г.А.</i> ОЗОНИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ В ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ.....	101
27. Яловая Ю.С. <i>Научный руководитель: профессор, к.т.н. Строкач П.П.</i> КАЧЕСТВО ПРИРОДНОЙ И ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ г. БРЕСТА.....	104
28. Яловая Ю.С. <i>Научный руководитель: профессор, к.т.н. Строкач П.П.</i> ЖЕСТКОСТЬ ПРИРОДНОЙ И ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.....	108
29. Лапин В.В. <i>Научный руководитель: доцент, к.т.н. Драган А.В.</i> ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ ДИАГНОСТИКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ.....	114
30. Сковородкин С.В. <i>Научный руководитель: Тузик И.В.</i> ЗАДАЧА О НАХОЖДЕНИИ МИНИМАЛЬНОЙ БИНАРНОЙ ДИАГРАММЫ РЕШЕНИЙ.....	119
31. Рудюк А.Н. <i>Научный руководитель: доцент Горбунов В.П.</i> ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДАЧИ ВИНТ-ГАЙКА КАЧЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ В СТАНКАХ С ЧПУ.....	123
32. Рудюк А.Н. <i>Научный руководитель: доцент Григорьев В.Ф.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НАПРАВЛЯЮЩИХ КАЧЕНИЯ АГРЕГАТНОГО СТАНКА НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ	127

33. Концевич П.С.
Научный руководитель: зав. кафедрой ТЭА, к.т.н., доцент Монтик С.В.
 ОПТИМИЗАЦИЯ ЗОНЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО
 ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ 130
34. Дакало Ю.А.
Научный руководитель: доцент Медведев О. А.
 МЕТОДИКА РАЗМЕРНОГО АНАЛИЗА ТЕХПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
 ТОЧНОСТИ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ 133
35. Шипуль В. Н.
Научный руководитель: доцент Медведев О. А.
 СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ 137
36. Лис И.Н., Веселуха В.М.
Научный руководитель: доктор технических наук, доцент Богданович А.В.
 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
 ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРИ ТРЕНИИ СКОЛЬЖЕНИЯ 141
37. Дунец И.П., Теленкевич Р.С.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Савицкий Ю.В.
 ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА В ЗАДАЧЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
 ТОПОЛОГИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ПО ФОТОСНИМКАМ С НИЗКИМ КАЧЕСТВОМ 144
38. Лысюк А.Н.
Научный руководитель: проф. Дереченник С.С.
 РЕАЛИЗАЦИЯ КАСКАДНОГО УДАЛЕНИЯ ДАННЫХ ПРИ РАСЧЕТЕ ШТАТОВ
 ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА УНИВЕРСИТЕТА 145
39. Ненадoveц И.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.
 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ «ОБЛАКО ТЕГОВ» ДЛЯ ДОСТУПА К АРХИВАМ
 ДОКУМЕНТОВ 148
40. Калиновский Р.В., Ненадoveц И.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.
 ПРИМЕНЕНИЕ СВЯЗАННЫХ СПИСКОВ ДЛЯ НАВИГАЦИИ В ФОЛКСОНОМИ-
 ЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ 152
41. Тавониус К.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.
 ОБЛЕГЧЕНИЕ НАВИГАЦИИ ПО ФАЙЛОВОЙ СИСТЕМЕ С ПОМОЩЬЮ ВЫБО-
 РОЧНОГО МАСШТАБИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ 156
42. Тавониус К.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Костюк Д.А.
 МОДЕЛИ ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ КОМПАКТНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА
 ПИКТОГРАММ 160

Научное издание

СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

Часть 1

Ответственный за выпуск *Шведовский П.В.*

Редактор *Строкач Т.В.*

Компьютерная верстка *Кармаш Е.А.*

Корректор *Никитчик Е.В.*

ISBN 978-985-493-087-9



9 789854 930879

Лицензия № 02330/0133017 от 30.04.2004 г.

Подписано в печать 23.06.2008 г.

Формат 60x80 1/16. Бумага «Снегурочка».

Гарнитура Arial Narrow. Усл. печ. л. 9,8.

Уч.-изд. л. 10,5. Зак. №674. Тираж 75 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет».

Лицензия № 02330/0148711 от 30.04.2004 г.
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.