

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

СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

Часть 1

Брест 2007

УДК 624;628;+338:339

Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов.

Рецензент: директор ИПК ИИК Образцов Л.В., к.т.н.

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.

УДК 624;628;+338:339

ISBN 978-985-493-062-6

© Издательство БГТУ, 2007

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА ПОКРЫТИЕ ЛЕТНЕГО АМФИТЕАТРА В Г. ВИТЕБСКЕ

В настоящее время в Республике Беларусь для описания воздействия ветрового потока на здания и сооружения используется СНиП 2.01.07-85. Покрытие Летнего амфитеатра представляет собой усеченную наклонными плоскостями часть поверхности цилиндра. Следует отметить, что в рассмотренной нормативной базе аналог подобного объекта в схемах взаимодействия ветрового потока со зданиями и сооружениями отсутствует. Поэтому условно были приняты для рассмотрения схемы воздействия ветрового потока на цилиндрические поверхности: схема 3 - согласно приложению 4 СНиП 2.01.07-85, схема сооружения - согласно п.7.2.8. EuroCode 1991-1-4:2004.

Согласно [1] ветровую нагрузку на здания и сооружения следует определять как сумму средней и пульсационной составляющих. Пульсационную составляющую ветровой нагрузки для покрытия Летнего амфитеатра не следует определять (согласно п. 6.8 [1]), т.к. первая частота собственных колебаний конструкции $f_1 = 0,6\text{Гц}$ меньше предельного значения собственной частоты колебания $f_1 = 2,9\text{Гц}$. Соответственно далее рассмотрим среднюю составляющую ветровой нагрузки.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m на высоте z над поверхностью земли определяется по формуле:

$$w_m = w_0 \cdot k \cdot c, \quad (1)$$

где w_0 - нормативное значение ветрового давления, определяется согласно п. 6.4 [1], в нашем случае принимаем 1-ый ветровой район; $w_0 = 23\text{кгс/м}^2$ [2];

k - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, принимаем согласно табл. 6 [1] в зависимости от рассматриваемой высоты для типа местности С (городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.);

c - аэродинамический коэффициент, принимаем согласно п. 6.6 [1] в случаях предусмотренных обязательным приложением 4 [1].

В общем случае нормативное значение ветрового давления можно определить по формуле [3]:

$$w_0 = 0,5\rho V^2, \quad (2)$$

где ρ - плотность воздуха, в приземном слое воздуха принимается равной $\rho = 1,25\text{кг/м}^3 = 0,125\text{кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$;

V - скорость ветра.

Для анализа использовалась схема здания со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями, согласно приложению 4 [1]. На рис. 1 приведена схема сооружения с распределением нормативного значения ветрового давления по длине дуги. Расчёт выполнялся с использованием программы ВеСТ, входящей в расчётный комплекс SCAD Office версии 7.31 R.5.

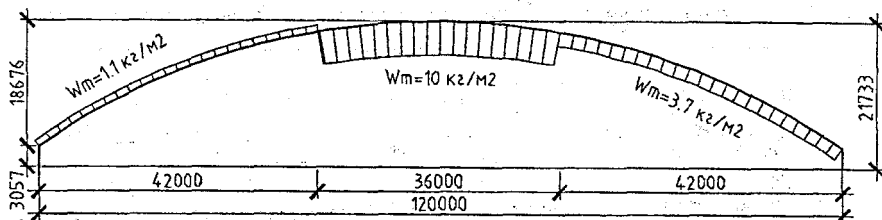


Рис.1 Схема сооружения с распределением нормативного ветрового давления по длине дуги.

Для сравнения описания ветрового воздействия по [1] рассмотрим описание воздействия ветрового потока на здания и сооружения согласно EuroCode 1991-1-4:2004. Также как и по СНиП 2.01.07-85 в описании воздействия ветрового потока на покрытие Летнего амфитеатра в г. Витебске не будем рассматривать пульсационную составляющую ветровой нагрузки.

Согласно [4] нормативное значение давления ветра, см. п.5.2 [4], действующее на наружные поверхности, w_e , может быть получено из выражения:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}, \quad (3)$$

где $q_p(z_e)$ - пиковое скоростное давление, определяется согласно п. 4.5 [4];

z_e - расчётная высота для внешнего давления.

c_{pe} - аэродинамический коэффициент для внешнего давления, определяется согласно схеме сооружения (см. п. 7 [4]).

Пиковое скоростное давление $q_p(z_e)$ определяется согласно п. 4.5 [4] по формуле:

$$q_p(z_e) = c_e(z) \cdot q_b, \quad (4)$$

где $c_e(z)$ - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, определяется согласно диаграмме 4.2 [4] для соответствующего типа местности. В нашем случае принимаем тип местности IV (городская застройка) согласно Дополнению А.1 [4].

q_b - скоростной напор ветра (динамическое давление) невозмущенного потока.

Скоростной напор ветра определяется по формуле:

$$q_b = 0.5 \cdot \rho \cdot v_b^2, \quad (5)$$

где ρ - плотность воздуха, в приземном слое воздуха принимается равной $\rho = 1.25 \text{ кг/м}^3$;

v_b - средняя скорость ветра, соответствующая 10-минутному интервалу осреднения.

Для возможности сравнения со СНиП 2.01.07-85 принимаем скоростной напор ветра

$$q_b = w_0 = 23 \text{ кгс/м}^2.$$

В описании воздействия ветрового потока на покрытие Летнего амфитеатра в г. Витебске по [4] не учтены параметры рельефа (коэффициент орорафии $c_0(z)$) и шероховатость поверхности (коэффициент шероховатости $c_f(z)$), чтобы сблизить полученные результаты со СНиП 2.01.07-85.

Для описания использовалась схема воздействия ветрового потока на цилиндрические поверхности, согласно п.7.2.8 [4]. На рис. 2 приведена схема сооружения с распределением нормативного значения ветрового давления по длине дуги, на которой указаны средние по зонам значения ветрового давления: зона 1 - $\frac{1}{4}$ длины дуги, зона 2 - $\frac{1}{2}$ длины дуги, зона 3 - $\frac{1}{4}$ длины дуги.

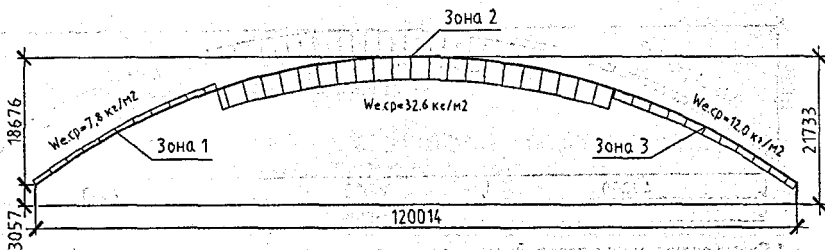


Рис. 2 Схема сооружения с распределением нормативного ветрового давления по длине дуги.

Согласно полученным данным и проведенному анализу можно сделать следующие выводы:

1. Ощутимая разница в полученных значениях нормативного ветрового давления связана с определением значения скоростного напора q_b по EuroCode 1991-1-4:2004, который определяется в зависимости от средней скорости ветра, а не от ветрового района. Тип местности по EuroCode 1991-1-4:2004 фигурирует только в определении коэффициента изменения ветрового давления по высоте $c_e(z)$, значения которого гораздо выше по сравнению со значениями в СНиП 2.01.07-85 для схожего типа местности.
2. При описании воздействия ветрового потока по СНиП 2.01.07-85 не учитываются такие параметры, как шероховатость подстилающей поверхности и детальный рельеф местности, а также влияние сооружений, расположенных выше по направлению потока (в EuroCode 1991-1-4:2004 частично учтено влияние соседних сооружений).
3. Описание воздействия ветрового потока по EuroCode 1991-1-4:2004 является более детальным, учитываются многие немаловажные факторы, которые не учтены в СНиП 2.01.07-85. EuroCode 1991-1-4:2004 даёт более точную качественную и количественную оценку воздействия ветрового потока на здания и сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия/Госстрой СССР. - Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. - 36 с.
2. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика/Госстрой СССР. - Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1983. - 136 с.
3. Савицкий Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения. - Москва: Издательство литературы по строительству, - 1972. - 110 с.
4. Eurocode 1: Actions on structures - General actions - Part 1-4: Wind actions. - B-1050 Brussels: CEN, 2004. -148 p.

УДК 642.042.41

Мигель А.В.

Научный руководитель: проф. Мухин А.В.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОКРЫТИЕ ЛЕТНЕГО АМФИТЕАТРА В Г. ВИТЕБСКЕ

Численное моделирование ветрового воздействия для покрытия Летнего амфитеатра в г. Витебске выполнялось с использованием объединенного программного продукта *SolidWorks+FloWorks*. Программный продукт *SolidWorks+FloWorks* обладает простым в освоении интерфейсом, позволяет на различных уровнях точности решать задачи обе-

кания тел, хорошо зарекомендовал себя на рынке (используется в задачах различного рода, в том числе задачи обтекания летательных аппаратов), более доступен по сравнению с другими продуктами подобного уровня.

Объединенный программный продукт *SolidWorks+FloWorks* представляет собой комбинацию полной версии системы *SolidWorks* как графической среды и гидрогазодинамического решателя *COSMOSFloWorks*. Трехмерная параметрическая геометрическая модель исследуемого тела создается в CAD-программе *SolidWorks*. В CAE-программе *FloWorks* определяются свойства среды, граничные условия, точность решения, геометрические размеры расчетной зоны и осуществляется численное решение задачи. В общем случае возможно решать следующие задачи механики жидкостей и газов: стационарные и нестационарные течения, ламинарные и турбулентные течения, несжимаемые и сжимаемые течения, шероховатости стенки и степени турбулентности потока или без них.

Для численного решения задач используется метод конечных объемов и нестационарные уравнения Навье-Стокса. Дискретизация уравнений осуществляется в консервативной форме, частные производные аппроксимируются со вторым порядком точности, производные по времени - по неявной схеме Эйлера первого порядка.

Суть алгоритма численного решения можно проиллюстрировать на примере анализа течения смеси несжимаемых жидкостей. Расчет параметров потока при переходе на временной ($n+1$) слой осуществляется по их известным значениям на слое (n) с помощью системы дискретных уравнений, приближающих исходную систему уравнений Навье-Стокса:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\bar{U}^* - \bar{U}^n}{\Delta t} + A_n(\bar{U}^n, p^n) \cdot \bar{U}^* &= S^n; \\ L_n \delta p &= \frac{\text{div}_n(\rho \bar{u}^*)}{\Delta t} + \frac{1}{\Delta t} \cdot \frac{p^* - p^n}{\Delta t} \cdot (\rho^* = \rho(T^*, y^*)); \\ \rho^{n+1} &= \rho \bar{u}^* - \Delta t \cdot \text{grad}_n \delta p; \\ p^{n+1} &= p^n + \delta p; \\ \rho T^{n+1} &= \rho T^*; \rho k^{n+1} = \rho k^*; \rho \varepsilon^{n+1} = \rho \varepsilon^*; \rho \bar{y}^{n+1} = \rho \bar{y}^*; \\ \rho^{n+1} &= \rho(T^{n+1}, \bar{y}^{n+1}). \end{aligned} \right\} (1)$$

Здесь индекс * присвоен промежуточным значениям параметров; $\bar{U} = (\rho \bar{u}, \rho T, \rho k, \rho \varepsilon, \rho \bar{y})^T$ - полный набор базовых переменных, исключая давление p ; $\bar{u} = (u_1, u_2, u_3)^T$ - вектор скорости; $\bar{y} = (y_1, y_2, \dots, y_m)^T$ - вектор компонент концентраций смеси жидкостей; $\delta p = (p^{n+1} - p^n)$ - дополнительная переменная, которая называется *невязкой давления*. Все указанные параметры являются дискретными функциями, которые определяются в центрах расчетных ячеек с помощью приведенной выше системы уравнений. Дискретные операторы $A_n; \text{div}_n; \text{grad}_n; L_n = \text{div}_n \text{grad}_n$ приближают со вторым порядком точности соответствующие дифференциальные операторы исходных уравнений.

На первом шаге алгоритма решается первое уравнение системы, которое является уравнением конвективного переноса. В результате получают промежуточные значения величин количества движения и окончательные значения турбулентных параметров, температуры и концентраций компонентов. Затем определяется невязка давления δp с помощью второго уравнения системы, которое является уравнением второго порядка эллиптического типа и определено таким образом, чтобы окончательное поле значений

количества движения ρu^{n+1} удовлетворяло дискретным уравнениям сохранения. Расчет окончательных значений параметров течения производится с помощью последних четырех уравнений системы.

Программа имеет разнообразные средства визуализации и обработки результатов расчетов в среде *SolidWorks* (векторные линии, изолинии, цветовые контурные заливки, изоповерхности, сечения, трассировки частиц, линии тока). Есть возможность представления результатов в виде графиков и таблиц *Excel* или же в виде отчетов стандартной формы, которые формируются автоматически [1].

Численное моделирование ветрового воздействия рассмотрим на примере следующей задачи: направление ветра вдоль структурного покрытия слева от сцены (со стороны склона), этот вариант направления ветрового потока позволяет получить наиболее адекватные численные данные (см. рис.3). Другие варианты направления ветрового потока (поперёк покрытия, под углом к покрытию) могут дать менее адекватную картину распределения давлений по поверхности, потому что пространственная модель сооружения представлена твердотельной (ввиду не применимости использования стержневых моделей в модуле расчёта *COSMOSFloWorks*).

Для решения поставленной задачи использовался модуль расчёта *COSMOSFloWorks* и графическая оболочка *SolidWorks Office Premium 2006*. При решении задачи были применены следующие начальные условия:

- Среда ветрового потока – воздух. Характер ветрового потока – ламинарно-турбулентный. Граничных условий – нет, шероховатость подстилающих поверхностей и покрытия отсутствует. Покрытие представлено как «идеальная стенка».
- Скорость ветра 19.2 м/с, что приблизительно соответствует нормативному значению скоростного напора $w_0=23 \text{ кг/м}^2$ (согласно СНиП 2.01.07-85 для I ветрового района),
- Начальная температура среды $T=20 \text{ }^\circ\text{C}$, давление $P=101325 \text{ Па}$.

В результате решения задачи были получены изополя статического давления: в продольном и поперечном сечении, см. рис. 1, 2.

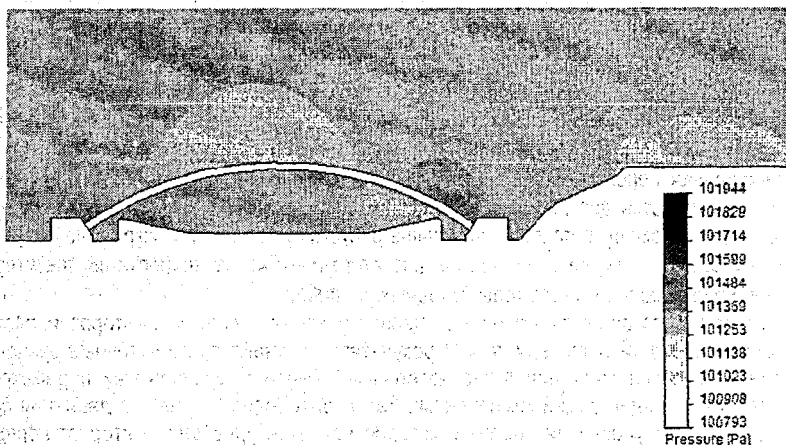


Рис. 1 Распределение статического давления в продольном разрезе.

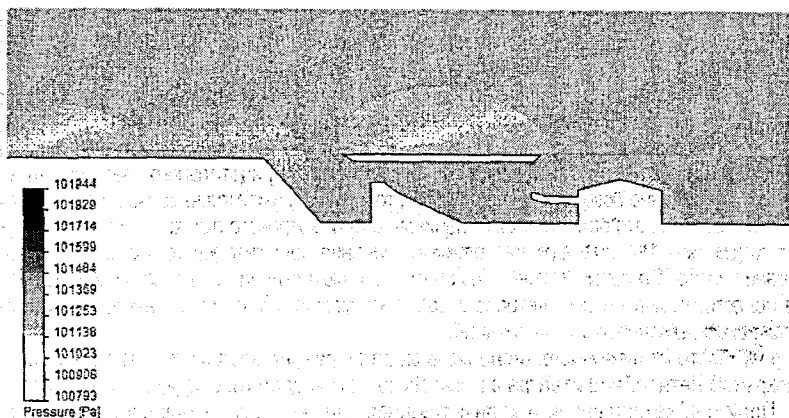


Рис. 2 Распределение статического давления в поперечном разрезе.

На рис. 1, 2 показаны области повышенного давления – более тёмным цветом, а также области пониженного давления – более светлым цветом. На основании графиков распределения статического давления, которые были получены по результатам моделирования, сверху и снизу от покрытия в характерном сечении была построена диаграмма давления ветрового потока на поверхности. Значения давлений ветрового потока по длине дуги с шагом 3 м были получены путем разности статических давлений в характерных точках. Диаграмма давления ветрового потока в характерном сечении представлена на рис.3.

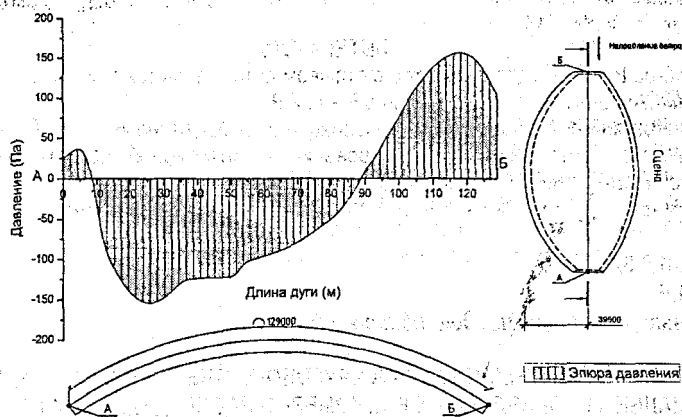


Рис. 3 Диаграмма давления ветрового потока в характерном сечении.

На рис. 3 показаны области положительного давления ветрового потока – «напор» и области отрицательного давления ветрового потока – «отсос». Максимальное значение положительного давления составляет 155 Па, максимальное значение отрицательного давления ветрового потока составляет 127 Па.

Эпюра распределения ветрового давления имеет следующий характер: со стороны воздействия ветрового потока наблюдается область положительного давления, небольшой спад со стороны точки Б объясняется наличием в этой области фундамента см. рис. 1; далее наблюдается постепенное возрастание, а затем убывание положительного давления ветрового потока; область приблизительно между 80 и 100 м. по длине дуги – так называемая «область срыва ветрового потока», которая характеризуется возникновением турбулентных вихрей; далее по длине дуги (от точки А к точке Б) находится зона отрицательного давления ветрового потока, постепенно возрастающая и убывающая; со стороны т. А имеется небольшая зона положительного давления, это объясняется наличием на пути ветрового потока в этой области фундамента (см. рис. 1). Несколько завышенные значения положительного давления в области набегания ветрового потока можно объяснить наличием склона. Ступенчатый характер эпюры в области отрицательного ветрового давления можно объяснить возникновением в этих местах локальных турбулентных течений.

В результате проведенного численного моделирования воздействия ветрового потока на покрытие Летнего амфитеатра в г. Витебске можно сделать следующие выводы:

1. Получена качественная и количественная картина распределения ветрового давления на поверхности покрытия. Полученная диаграмма распределения ветрового давления подобна схеме распределения давления ветрового потока для здания со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями согласно СНиП 2.01.07-85. Отличия в полученной схеме распределения давления ветрового потока по СНиП 2.01.07-85 можно отнести на наличие рельефа и более точный учёт всех факторов ветрового воздействия при численном моделировании.

2. Современные расчётные модули, такие как *COSMOSFloWorks*, учитывают практически все параметры ветрового потока. Параметры самого ветрового потока, такие как сжимаемость, вязкость, турбулентность и т.д., учитываются при приближенном решении системы уравнений Навье-Стокса. Рельеф местности, шероховатость, влияние соседних сооружений учитываются граничными условиями и моделью сооружения с возможной степенью точности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ушаков В. Анализ обтекания тел с отрывом потока в системе SolidWorks\FloWorks. CAD/CAM/CAE Observer #3 12 (2003), 2003. – с. 2-9.
2. Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В., Харитонович А. И., Пономарев Н. Б. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, - 2005. - 800 с.

УДК 681.3:624.04

Тур А.В.

Научный руководитель: доц. Игнатюк В.И.

РАСЧЕТ ДВУХШАРНИРНЫХ АРОК КРУГОВОГО ОЧЕРТАНИЯ НА ДЕЙСТВИЕ РАДИАЛЬНО НАПРАВЛЕННЫХ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ НАГРУЗОК

В практике проектирования находят применение длинные цилиндрические оболочки, выполненные из легких материалов. Для таких оболочек особую роль играет ветровая нагрузка, которая действует на них в радиальных направлениях [1]. Расчетная схема длинной цилиндрической оболочки может быть сведена к расчету двухшарнирной арки. Поэтому расчет двухшарнирных арок кругового очертания на действие радиально направленных равномерно распределенных нагрузок (рис. 1) актуален и представляет интерес.

Рассматриваются круговые арки постоянной жесткости (рис. 1), загруженные статическими радиально направленными равномерно распределенными нагрузками. Расчет усилий (изгибающих моментов M , поперечных Q и продольных N сил выполняется методом сил с учетом как изгибных, так и сдвиговых и продольных деформаций. Так как оси рассматриваемых арок изменяются по круговому закону, получение и интегрирование зависимостей удобно выполнять в полярной системе координат. За полюс принимается точка в центре окружности (точку O), а в качестве оси, относительно которой будем отсчитывать угол (θ), примем горизонтальную ось, направленную от полюса влево (рис. 2). Зависимость между декартовой (x, y) и полярной (r, θ) системами координат имеет вид

$$\begin{cases} x = r(\cos \theta_0 - \cos \theta); \\ y = r(\sin \theta - \sin \theta_0). \end{cases} \quad (1)$$

Двухшарнирная арка как статически неопределимая система имеет одну лишнюю связь. Основную систему метода сил получим, отбросив левую горизонтальную связь (рис. 2).

Каноническое уравнение метода сил записывается в виде [2]

$$\delta_{11} X_1 + \Delta_{1p} = 0. \quad (2)$$

Единичное и грузовое перемещения δ_{11} и Δ_{1p} получены в работе [3] и имеют и вид:

$$\begin{aligned} \delta_{11} = & \frac{r^3}{EJ} [(\pi - 2\theta_0)(0,5 + \sin^2 \theta_0) - 1,5 \sin 2\theta_0] + \\ & + \eta \frac{r}{GA} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) - \frac{1}{2} \sin 2\theta_0 \right] + \frac{r}{EA} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) + \frac{1}{2} \sin 2\theta_0 \right]; \end{aligned} \quad (3)$$

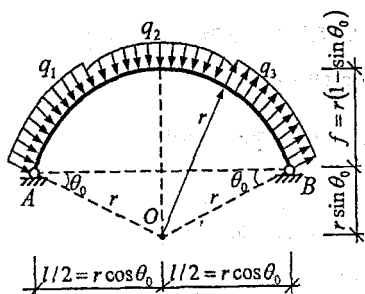


Рис. 1. Расчетная схема

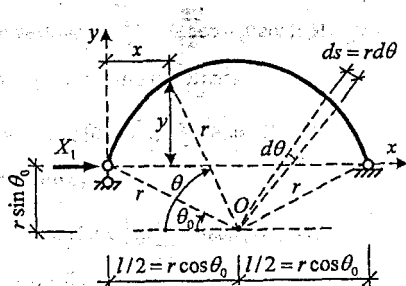


Рис. 2. Основная система метода сил

$$\Delta_{1p} = \Delta_{1p}^M + \Delta_{1p}^Q + \Delta_{1p}^N, \quad (4)$$

где:

$$\begin{aligned} \Delta_{1p}^M = & \frac{r^3 R_A}{EJ} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) \sin 2\theta_0 - 2 \cos^2 \theta_0 \right] + \\ & + \frac{r^4}{EJ} \sum_{i=1}^n q_i \left\{ \frac{1}{4} \sin \theta_{qi}^* (\sin 2\theta_{qi}^* - \sin 2\theta_0^*) - \frac{1}{2} \cos \theta_{qi}^* (\sin^2 \theta_{qi}^* - \sin^2 \theta_0^*) - (\theta_{qi}^* - \theta_0^*) \left[\frac{1}{2} \sin \theta_{qi}^* + \sin \theta_0 \right] + \right. \\ & + (\sin \theta_{qi}^* - \sin \theta_0^*) \left[\frac{1}{2} (\pi - \theta_0 - \theta_{qi}^*) + \frac{1}{4} (\sin 2\theta_0 + \sin 2\theta_{qi}^*) - \sin \theta_0 (\cos \theta_0 + \cos \theta_{qi}^*) + \sin \theta_0 \cos \theta_{qi}^* \right] + \\ & \left. + (\cos \theta_{qi}^* - \cos \theta_0^*) \left[\frac{1}{2} (\sin^2 \theta_0 - \sin^2 \theta_{qi}^*) - \sin \theta_0 (\sin \theta_0 - \sin \theta_{qi}^*) - (1 + \sin \theta_0 \sin \theta_{qi}^*) \right] \right\}; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\Delta_{1P}^Q = \eta \frac{r^2}{GA} \sum_{i=1}^{n_s} q_i \left\{ -\sin \theta_{q_i}' \left[\frac{1}{2} (\theta_{q_i}'' - \theta_{q_i}') + \frac{1}{4} \theta_{q_i}' (\sin 2\theta_{q_i}'' - \sin 2\theta_{q_i}') \right] + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \cos \theta_{q_i}'' (\sin^2 \theta_{q_i}'' - \sin^2 \theta_{q_i}') + \frac{1}{2} (\sin \theta_{q_i}'' - \sin \theta_{q_i}') \left[(\pi - \theta_0 - \theta_{q_i}'') - \frac{1}{2} (\sin 2\theta_0 + \sin 2\theta_{q_i}'') \right] - \right. \\ \left. - \frac{1}{2} (\sin^2 \theta_0 - \sin^2 \theta_{q_i}'') (\cos \theta_{q_i}'' - \cos \theta_{q_i}') \right\}; \quad (6)$$

$$\Delta_{1P}^N = \frac{r^2}{EA} \sum_{i=1}^{n_s} q_i \left\{ \frac{1}{2} (\cos \theta_{q_i}'' - \cos \theta_{q_i}') (\sin^2 \theta_0 - \sin^2 \theta_{q_i}'') - \frac{1}{2} \cos \theta_{q_i}'' (\sin^2 \theta_{q_i}'' - \sin^2 \theta_{q_i}') - \right. \\ \left. - \frac{1}{2} (\theta_{q_i}'' - \theta_{q_i}') \sin \theta_{q_i}'' + \frac{1}{4} \sin \theta_{q_i}'' (\sin 2\theta_{q_i}'' - \sin 2\theta_{q_i}') + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} (\sin \theta_{q_i}'' - \sin \theta_{q_i}') \left[(\pi - \theta_0 - \theta_{q_i}'') + \frac{1}{2} (\sin 2\theta_0 + \sin 2\theta_{q_i}'') \right] \right\}. \quad (7)$$

Первые слагаемые в (3), (4) учитывают влияние изгибающих моментов, вторые и третьи — соответственно поперечных и продольных сил.

Решив уравнение метода сил (2), найдем неизвестное X_1 .

Значения усилий в сечениях рассматриваемых арок определяются по выражениям:

$$M = \bar{M}_1 X_1 + M_p; \quad Q = \bar{Q}_1 X_1 + Q_p; \quad N = \bar{N}_1 X_1 + N_p, \quad (8)$$

где законы изменения усилий от действия единичного неизвестного ($X_1=1$) \bar{M}_1 , \bar{Q}_1 , \bar{N}_1 и от действия внешних нагрузок M_p , Q_p , N_p имеют вид:

$$\bar{M}_1 = -y = -r(\sin \theta - \sin \theta_0); \quad \bar{Q}_1 = -\cos \theta; \quad \bar{N}_1 = -\sin \theta; \quad (9)$$

$$M_p = R_A r (\cos \theta_0 - \cos \theta) - r^2 \sum_{i=1}^{n_s} q_i \left[\sin \theta (\sin \theta_{q_i}'' - \sin \theta_{q_i}') + \cos \theta (\cos \theta_{q_i}'' - \cos \theta_{q_i}') \right] - \\ - r^2 q_i \left[\sin \theta (\sin \theta_{q_i}'' - \sin \theta_{q_i}') + \cos \theta (\cos \theta_{q_i}'' - \cos \theta_{q_i}') \right]; \quad (10)$$

$$Q_p = R_A \sin \theta - \sum_{i=1}^{n_s} q_i r \left[\cos \theta (\sin \theta_{q_i}'' - \sin \theta_{q_i}') - \sin \theta (\cos \theta_{q_i}'' - \cos \theta_{q_i}') \right] - \\ - q_i r (\sin \theta \cdot \cos \theta_{q_i}'' - \cos \theta \cdot \sin \theta_{q_i}'); \quad (11)$$

$$N_p = -R_A \cos \theta - \sum_{i=1}^{n_s} q_i r \left[\cos \theta (\cos \theta_{q_i}'' - \cos \theta_{q_i}') + \sin \theta (\sin \theta_{q_i}'' - \sin \theta_{q_i}') \right] - \\ - q_i r (1 - \cos \theta \cdot \cos \theta_{q_i}'' - \sin \theta \cdot \sin \theta_{q_i}'). \quad (12)$$

Каждое из выражений (10) – (12) имеет три слагаемых, которые в зависимости от типа участка, на котором находится сечение, могут присутствовать в этих выражениях или могут быть опущены. Первое слагаемое определяет влияние на усилие опорной реакции и будет присутствовать всегда. Второе и третье слагаемые отражают действие распределенных нагрузок и будут присутствовать, если соответствующая распределенная нагрузка действует слева от сечения. При этом второе слагаемое учитывает распределенные нагрузки, которые полностью действуют слева от сечения (например, нагрузки q_1 и q_2 для сечений 5 и 6 на рис. 3), а третье слагаемое учитывает распределенные нагрузки, действующие частично слева от сечения, то есть расположенные на участках, в пределах которых находится рассматриваемое сечение (нагрузка q_1 для сечения 2, q_2 для сечения 4, q_3 для сечения 6 на рис. 3).

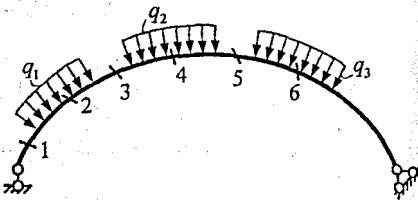


Рис. 3. Расчетная схема арки

Для определения перемещений используется формула Мора [2]

$$\Delta_{ip}^{appr} = \sum \int \frac{\bar{M} M ds}{EJ} + \sum \int \eta \frac{\bar{Q} Q ds}{GA} + \sum \int \frac{\bar{N} N ds}{EA} \quad (13)$$

где M, Q, N – усилия в сечении арки от действия внешней нагрузки, вызывающей искомые перемещения и определяемые выражениями (8); EJ, GA, EA – жесткости сечений арки соответственно на изгиб, сдвиг и растяжение-сжатие; η – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения касательных напряжений по высоте сечения при изгибе; $\bar{M}, \bar{Q}, \bar{N}$ – выражения усилий в сечениях арки от действия единичной силы $F=1$, приложенной в точке, в которой определяется перемещение, в направлении (i -ом) искомого перемещения; имеющие здесь вид:

а) на участке от опоры А до точки, для которой определяется перемещение и в которой приложена сила $F=1$ (участок I):

$$\begin{aligned} \bar{M}_I &= \bar{R}_A x = \frac{r}{2 \cos \theta_0} (\cos \theta_0 + \cos \psi) (\cos \theta_0 - \cos \theta); \\ \bar{Q}_I &= +\bar{R}_A \sin \theta = \frac{1}{2 \cos \theta_0} (\cos \theta_0 + \cos \psi) \sin \theta; \\ \bar{N}_I &= -\bar{R}_A \cos \theta = -\frac{1}{2 \cos \theta_0} (\cos \theta_0 + \cos \psi) \cos \theta; \end{aligned} \quad (14)$$

б) на участке от точки, для которой определяется перемещение, до опоры В (участок II):

$$\begin{aligned} \bar{M}_II &= \bar{R}_B (l-x) = \frac{r}{2 \cos \theta_0} (\cos \theta_0 - \cos \psi) (\cos \theta_0 + \cos \psi); \\ \bar{Q}_II &= -\bar{R}_B \sin \theta = -\frac{1}{2 \cos \theta_0} (\cos \theta_0 - \cos \psi) \sin \theta; \\ \bar{N}_II &= -\bar{R}_B \cos \theta = -\frac{1}{2 \cos \theta_0} (\cos \theta_0 - \cos \psi) \cos \theta. \end{aligned} \quad (15)$$

Выполнив интегрирование выражения (13) с учетом (8) и (14), (15), получим зависимости для определения горизонтальных (при приложении горизонтальной силы $F=1$), вертикальных (при приложении вертикальной силы $F=1$) и полных перемещений. Соответствующие выражения представлены в работе [4].

Выполним на основе полученных зависимостей расчет арки постоянной жесткости EJ ($GA=12EJ$; $EA=33,3EJ$), представленной на рис. 4,а. Вычисления произведем с помощью Mathcad-программы, составленной на основе полученных зависимостей. Единичное и грузовое перемещения δ_{11} и Δ_{ip} , входящие в уравнение метода сил (2), и неизвестные метода сил будут равны

$$\delta_{11} = \frac{543,4 \text{ м}}{EJ \text{ кН}}, \quad \Delta_{ip} = \frac{8569,4}{EJ} \text{ м}, \quad X_{11} = 15,77 \text{ кН}.$$

Эпюры изгибающих моментов M , поперечных Q и продольных N сил, показаны на рис. 4,б – 4,г. Перемещения сечений в расчетных точках при заданных параметрах арки приведены в таблице. Деформированный вид арки, построенный по этим перемещениям, для $EJ=100000 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$ с увеличением перемещений в 160 раз показан на рис. 5.

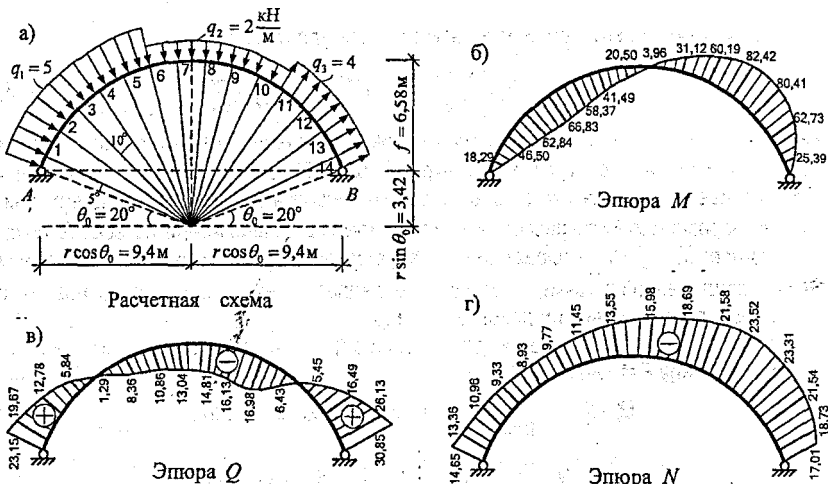


Рис. 4. Эпюры усилий в арке

Таблица горизонтальных и вертикальных перемещений расчетных сечений арки

№ сеч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
θ	25°	35°	45°	55°	65°	75°	85°	95°	105°	115°	125°	135°	145°	155°
$\Delta_x EJ$	265,3	716,0	1007,9	1131,7	1127,7	1064,8	1011	1011	1073,7	1165,1	1209,2	1109,5	804,0	301,5
$\Delta_y EJ$	-109,9	-370,2	-615,1	-762,6	-755,7	-582,8	-277,8	94,7	449,9	701,1	777,6	650,8	415,1	125,0

Заключение. В работе получены зависимости, которые позволяют определять усилия в сечениях круговых двухшарнирных арок и соответствующих цилиндрических покрытий при статическом действии систем равномерно распределенных радиально направленных нагрузок, а также перемещения точек, лежащих на оси арок, и соответственный деформированный вид арок.



Рис. 5

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
2. Строительная механика. Стержневые системы: учебник для вузов / А.Ф.Смирнов, А.В.Александров, Б.Я.Лаценников, Н.Н.Шапошников; под ред. А.Ф.Смирнова. – М.: Стройиздат, 1981. – 512 с.
3. Игнатюк В. И., Тур А.В. К определению усилий в двухшарнирных круговых арках, нагруженных радиально действующими равномерно распределенными нагрузками // Вестник БрГТУ. – 2007. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 2 – 5.
4. Игнатюк В.И., Тур А.В. Деформированный вид двухшарнирных круговых арок, нагруженных радиально направленными равномерно распределенными нагрузками // Вестник БрГТУ. – 2006. – № 5: Физика, математика, информатика.

РАЗРАБОТКА ГЕЛИОСТАНЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

1. ВВЕДЕНИЕ

Быстрый рост энергопотребления является одной из наиболее характерных особенностей технической деятельности человечества во второй половине XX века. Развитие энергетики до недавнего времени не встречало принципиальных трудностей. Увеличение производства энергии происходило в основном за счет увеличения добычи нефти и газа, наиболее удобных в потреблении. Однако энергетика оказалась первой крупной отраслью мировой экономики, которая столкнулась с ситуацией истощения своей традиционной сырьевой базы. В начале 70-х годов энергетический кризис разразился во многих странах. Одной из причин этого кризиса явилась ограниченность ископаемых энергетических ресурсов. Кроме того, нефть, газ и уголь являются также ценнейшим сырьем для интенсивно развивающейся химической промышленности. Поэтому сейчас все труднее сохранить высокий темп развития энергетики путем использования лишь традиционных ископаемых источников энергии.

Атомная энергетика в последнее время также столкнулась со значительными трудностями, связанными, в первую очередь, с необходимостью резкого увеличения затрат на обеспечение безопасности работы атомных электростанций.

Загрязнение окружающей среды продуктами сгорания ископаемых источников, в первую очередь угля и ядерного топлива, является причиной ухудшения экологической обстановки на Земле. Существенным является также и "тепловое загрязнение" планеты, происходящее при сжигании любого вида топлива. Допустимый верхний предел выработки энергии на Земле, по оценкам ряда ученых, всего на два порядка выше нынешнего среднего мирового уровня. Такой рост энергопотребления может привести к увеличению температуры на поверхности Земли примерно на один градус. Нарушение энергобаланса планеты в таких масштабах может дать необратимые опасные изменения климата. Эти обстоятельства определяют возрастающую роль возобновляющихся нетрадиционных энергоресурсов, в первую очередь, солнечной, ветровой, геотермальной энергии, которые рассматриваются как существенное дополнение к традиционным энергоресурсам. Среди возобновляющихся источников энергии солнечная радиация по масштабам ресурсов, экологической чистоте и повсеместной распространенности наиболее перспективна.

2. ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ГЕЛИОТЕХНИКЕ

Приток солнечной энергии на поверхность Земли зависит от географической широты места, рельефа, претерпевает суточные и сезонные изменения. В течение года наиболее "солнечные" районы земного шара принимают около 2500 кВт на м² горизонтальной поверхности.

Различают следующие устройства по улавливанию солнечных лучей: гелиостаты, гелиоколлекторы, фотоэлементы и люминофоры.

Гелиостаты представляют собой зеркала, которые служат для концентрации солнечного потока в фокусе. В этом фокусе располагается приёмник энергии в виде солнечного котла, в котором образуется пар.

Гелиоколлекторы – поглотители солнечного излучения. Вода или другая жидкость, находясь в контакте с поглотителем, нагревается и при помощи насоса или естественной циркуляции отводится от него.

Фотоэлементы изготавливаются на основе пластины, выполненной из полупроводникового материала, например, кремния. Кремний должен быть очень чистым – на 10000 молекул кремния должно быть не более одной чужой молекулы, поэтому он очень дорогой. В фотоэлементах получается постоянный электрический ток, который широко используется в космической технике.

Кроме перечисленных направлений, появилось новое направление. Например, в патенте Северянина В.С. описывается способ хранения солнечного света при помощи люминофоров (вещества, долго сохраняющие светимость). Их новизна заключается в аккумулировании солнечного света в дневное время и расходование в ночное, благодаря чему возрастает энергосберегающий эффект [2,3]. При помощи световодов и зеркал свет можно подавать в нужное время и место.

Исходя из изложенного современного состояния развития гелиостатики видно, что основными проблемами являются улавливание и концентрация солнечной энергии. Существующие солнечные улавливатели, перечисленные выше, являются дорогими и сложными сооружениями, что препятствует их использованию. Таким образом, требуется провести исследования, направленные на увеличение эффективности улавливания солнечной энергии за счет совершенствования как физических особенностей оптических систем, так и конструктивных разработок, позволяющих уменьшить стоимость оборудования, улучшить эксплуатационные свойства, увеличить надежность гелиооборудования. Следовательно, требуется разработать такие конструкции, которые в условиях Республики Беларусь могли бы быть реализованы с высоким физическим и экономическим эффектом [4,5,6,7].

3. КОНСТРУКЦИЯ ГЕЛИОСТАНЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Основная проблема в использовании солнечной энергии для отопления индивидуальных домов в нашей стране — отсутствие массового производства солнечных коллекторов, аккумуляторов солнечной энергии и другого оборудования. Ключевой вопрос — разработка, оптимизация, конструирование и производство гелиоустановок, имеющих высокую эффективность при допустимых капиталозатратах.

Поэтому наша задача и состоит в том, чтобы как можно максимально уловить поток солнечного излучения с минимальными затратами. Для этого разработана установка, которую мы назвали гелиостанцией (рис. 1).

Оптическая система гелиостанции состоит из трех элементов:

- радиусов (2);
- конусов (1);
- крепежного кольца (3).

Радиусы имеют специально вырезанные ячейки, рассчитанные для крепления конусов под требуемым заданным углом, что является необходимым условием для наилучшего приема потока солнечных лучей.

Конуса могут изготавливаться из стеклопластика, алюминиевой полосы, пластмассы и покрываются светоотражающим покрытием, например, аэрозольной краской MARPA M-8920 – краска с эффектом хрома, акриловая Chrome effect aerosol paint. Хром является обязательным компонентом нержавеющей, кислотоупорных и жаропрочных сталей и большого числа других сплавов. Краски на его основе устойчивы к кислороду и свету, наносятся на поверхность изделий для повышения твердости, предотвращения коррозии, что в свою очередь является хорошей характеристикой долговечности установки.

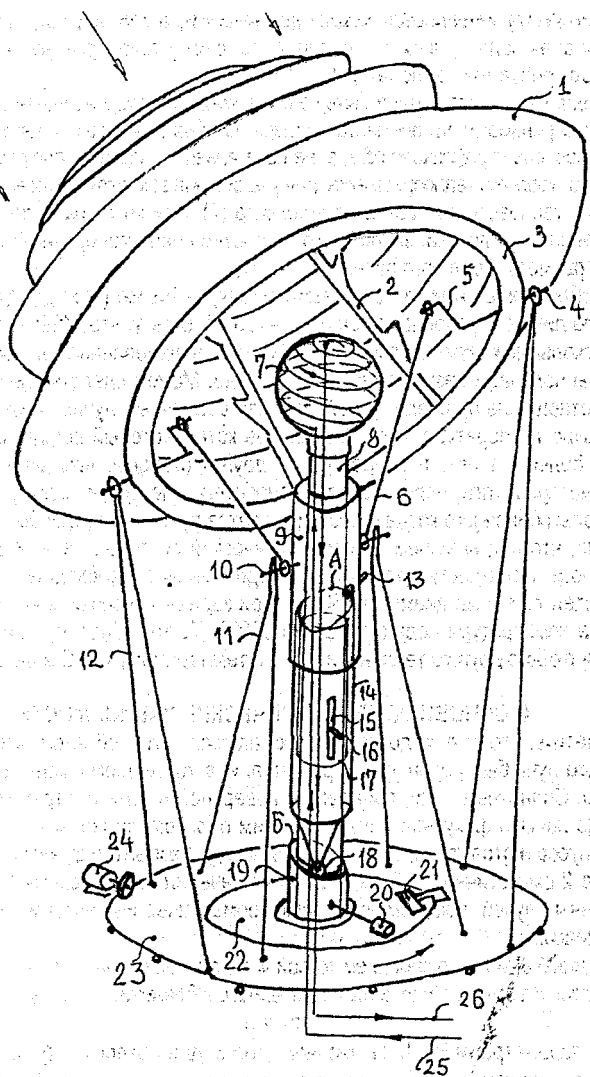


Рис. 1 Общая схема гелиостанции

1 - конус (светоотражающий, зеркальный изнутри); 2 - радиус, дистанционирующий конусы; 3 - кольцо (крепежное); 4 - ось; 5 - рыма; 6 - тяга; 7 - солнечный котел (теглоприемник); 8 - колонна; 9 - кожух; 10 - выступ; 11 - поворотник; 12 - стойки; 13 - штифт; 14 - цилиндр; 15 - щель; 16 - стержень; 17 - накладка; 18 - ролик; 19 - опора; 20 - колесо; 21 - прижим; 22 - основание; 23 - платформа (кольцевая, подвижная); 24 - привод (электродвигатель с редуктором и колесной передачей), суточный поворот платформы на 360°; 25 - холодный теплоноситель; 26 - горячий теплоноситель; А - наклонный косой торец верхней части цилиндра 14 (суточный подъем - опускание); Б - наклонный верх опоры (19) (сезонная коррекция).

Теплоприемник (7) укрепляется сверху колонны (8), в которой по трубопроводу (25) подается холодная вода и, проходя по спиралевидному трубопроводу внутри котла (7), нагревается до требуемой температуры.

Величина теплоприемника должна быть сопоставимой с фокусной линией ef . Желательная форма тепловоспринимающего элемента – сфера. С обратной стороны теплоприемника может быть установлена отражающая сфера, не показанная на чертеже, для отражения инфракрасных лучей от горячего теплоприемника, для увеличения эффективности его обогрева.

Конструкция тепловоспринимающего элемента (7) зависит от расхода теплоносителя и мощности теплового потока, зависящего от соотношения поперечного сечения светового потока к размеру фокусного пятна.

В фокусе образующей конуса мы имеем не точку, а линию (хотя для упрощения расчета фокусную линию ef условно заменили точкой F). В результате наложения фокусных линий от нескольких конусов, расположенных под определенным углом, не затемняя друг друга, мы получаем размытое фокусное пятно. Можем сделать следующий вывод: чем больше отношение площади, улавливающей солнечные лучи, к размеру фокусного пятна, тем выше температура, т. е. чем меньше котел, который должен разместиться в фокусе, тем больше в нем температура. С другой стороны, чем меньше котел, тем меньше можно пропустить через него теплоноситель. Исходя из этих условий определяются размеры солнечного котла и рассчитывается лучистый теплообмен.

Подсчитано, что при внешнем радиусе оптической системы, равном 3 метрам, диаметр солнечного пятна достигает 30 сантиметров, значит, необходимо спроектировать солнечный котел такого же диаметра (30см). При заданных условиях на поверхности теплоприемника температура поднимается до 500°C . Таким образом, можно нагреть $3-4 \text{ м}^3$ воды или любого другого теплоносителя до температуры 100°C и выше.

4. ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ

Важно отметить, что конуса должны располагаться таким образом, чтобы угол падения солнечного луча был равен углу отражения, и, в то же время, конуса не перекрывали друг друга. Солнечные лучи, попадая на поверхность конуса, отражаются и фокусируются в виде прямой фокусной линии. И, таким образом, солнечные лучи, попадая на каждый из конусов и отражаясь, фокусируются в виде размытого фокусного пятна.

На рисунке 2 схематично изобразим одно из сечений конуса, схему падения и отражения солнечных лучей, покажем некоторые геометрические зависимости между искомыми величинами.

Фокусную линию ef условно заменяем точкой F и дальнейший анализ будем вести относительно этой точки. На основании этих геометрических соображений h – фокусное расстояние

$$g\Phi = h$$

Задаваясь параметрами R и h , вычисляем угол ω для каждого конуса, т.к. выше были заданы условия, что конусы располагаются под определенным углом, названным ω :

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{h + \sqrt{R^2 + h^2}}{R}; \quad (1)$$

$$\omega = \operatorname{arctg} \left(\frac{h + \sqrt{R^2 + h^2}}{R} \right), \quad (2)$$

где

ω – угол между образующей конуса и направлением радиуса;

R – средний радиус конуса;

$$v = 90 - \omega; \quad (3)$$

где

v - угол падения солнечного луча на конус.

Если ширина образующей конуса a , то конус занимает кольцевое сечение солнечных лучей шириной

$$a_1 \cdot \cos \omega_1$$

и длиной

$$a_1 \cdot \sin \omega_1$$

Для группы конусов, которые должны полностью перекрывать солнечный поток, рассмотрим следующие зависимости. Расстояние по оси между нижними краями конусов должно быть равно:

$$a_1 \cdot \sin \omega_1 - a_1 \cdot \cos \omega_1 \cdot \operatorname{tg}(\omega_1 - v_1) - a_2 \cdot \cos \omega_2 \cdot \operatorname{tg} \omega_1; \quad (4)$$

а расстояние между верхними краями конусов:

$$a_2 \cdot \sin \omega_2 + m - a_1 \cdot \omega_1; \quad (5)$$

где m = уравнению (4).

a_1, a_2 - ширина образующей конуса 1 и конуса 2 соответственно.

Эти размеры необходимы для изготовления конусов оптической системы.

Таким образом, вычисляя расстояния до последующих конусов, можно получить следующие выражения:

$$a_1 \cdot \sin \omega_1 - a_1 \cdot \cos \omega_1 \cdot \operatorname{tg}(\omega_1 - v_1) - a_{i+1} \cdot \cos \omega_{i+1} \cdot \operatorname{tg} \omega_{i+1}; \quad (6)$$

$$a_{i+1} \cdot \sin \omega_{i+1} + m - a_i \cdot \omega_i; \quad (7)$$

Каждый конус занимает концентрированное кольцо солнечного потока шириной, равной:

$$a_i \cdot \sin \omega_i$$

Тогда, если ширина образующей конусов a одинаковая, то количество конусов - N равно:

$$N = \frac{R_0}{a_i \cdot \sin \omega_i} \quad (8)$$

А если ширина разная, то количество конусов вычисляется по формуле:

$$R_0 = a_1 \cdot \sin \omega_1 + a_2 \cdot \sin \omega_2 + \dots + a_N \cdot \sin \omega_N = \sum a_i \cdot \sin \omega_i \quad (9)$$

Оптическая система перемещается вокруг теплоприемника (7) так, чтобы фокус все время попадал на него. Таким образом, нужно учитывать как суточное, так и годовое перемещение солнца по небесной сфере. Это перемещение задается описываемой ниже системой, которая должна перемещать по горизонтали и по вертикали комплекс конусов, закрепленных на крепежном кольце. Суточное горизонтальное вращение совпадает с круговым на 360° (при этом ночное время является холостым ходом), а вертикальное зависит от времени года: максимальный подъем - 22 июня, минимальный - 21 декабря (летнее и зимнее солнцестояние).

Система наведения на солнце состоит из колонны (8), кожуха (9), накладки (17), цилиндра (14), штифта (13), щели (15), ролика (18), опоры (19), колеса (20) и прижима (21) (рисунок 5).

Кожух (9) скользит по наклонной части А при помощи штифта (13) и вращается при помощи поворотника (11), надетого на выступы (10). К этим выступам крепятся тяги (6). На стойки (12) солнечный концентратор подсоединяется к осям (4). Оси проходят по диаметру крепежного кольца (3) и рычаги (5) для связи с тягами (6), которые, воздействуя на рычаги, поворачивают установку в разные стороны.

Трубопроводы холодной (подающей) и горячей (отводной) воды проходят внутри колонны (8), которая опирается в основание (22); снизу колонны – опора (19) с наклонной частью. Очень важно, что эта наклонная часть имеет форму эллипса, по ней передвигается ролик (18), за счет чего поднимается и опускается цилиндр (14). В этом цилиндре имеется щель (15) и стержень (16), который не дает ему поворачиваться. Стержень закреплен на накладке (17).

К опоре (19) крепится колесо (20), которое вращается при помощи прижима (21). Благодаря этому прижиму происходит сдвиг колеса на 1/365 оборота платформы, за счет чего осуществляется сезонное регулирование подъема-опускания гелиосистемы в соответствии с ходом солнца относительно горизонта.

Сверху колонны (8) укрепляется тепловоспринимающий элемент (солнечный котел) (7), куда по трубопроводу (25) подается холодная вода и нагревается до требуемой температуры.

Благодаря наклонной плоскости А оптическая система, состоящая из солнечного концентратора и тяги, движется вверх-вниз.

Для достижения лучшего эффекта нагрева теплоприемника и максимального захвата поверхностью оптической системы, которая должна подниматься на угол α над горизонтом. Ось Земли наклонена к плоскости эклиптики под углом $\xi=23^\circ$ (рис.2)

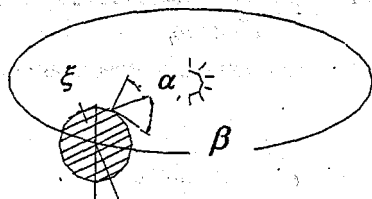


Рис. 2 Определение угла отклонения оси оптической системы от зенита

$$\alpha = \text{Ш} - \xi \quad (10)$$

$$\beta = 90 - \text{Ш} + \xi \quad (11)$$

где α - отклонения оси оптической системы от зенита;

β - отклонения оси оптической системы от горизонта;

Ш - широта, в которой установлена гелиосистема.

5. ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА

Преобразование энергии солнечных лучей в удобную для использования людьми форму до сегодняшнего дня стоило и стоит достаточно дорого. Сегодня ученые, экологи и промышленники совместно пытаются решить проблему удешевления солнечной энер-

гии и повышения эффективности гелиотехнологий. Однако есть и противники крупномасштабного использования солнечной энергии, которые утверждают, что:

1. Удельная мощность солнечной радиации мала, и крупномасштабное преобразование солнечной энергии требует очень больших площадей.

2. Преобразование солнечной энергии очень дорого и требует практически нереальных материальных и трудовых затрат.

Мы же можем утверждать, что наша установка отвечает всем требуемым параметрам, поскольку она малогабаритна, легко и удобно комплектуется с любыми потребителями теплоты, как в городских, так и в сельских условиях. К тому же ее дешевизна очевидна: и конуса, и теплоприемник, и система наведения изготавливаются из относительно недорогого и легкодоступного материала. Но самое главное преимущество установки заключается в том, что она способна улавливать большой поток солнечных лучей («сноп» солнечной энергии) без существенного увеличения массы и размеров установки; и в то же время, для ее установки не требуются большие площади земли.

Доказано, что для обеспечения человечества на несколько веков энергией хватит и сотой доли той энергии, которая доходит от Солнца до Земли за один год. Сегодня люди используют больше энергии, чем когда-либо. С одной стороны, это широкое использование энергии означает, что мы можем жить с большими удобствами, но с другой стороны, при этом возникают проблемы. Ведь в настоящее время нет ни одного энергоисточника, который не причинял бы вреда окружающей среде! Мы должны сберечь энергию, чтобы уменьшить вредное воздействие на природу и использовать те энергоисточники, которые наносят наименьший вред природе.

Предлагаемая гелиоустановка абсолютно безвредна для окружающей среды: она не выделяет никаких загрязняющих веществ, легко чистится и проста в эксплуатации, не требует сложных деталей, не поддающихся утилизации после истечения срока годности и т.д. К тому же расход электроэнергии на установку наведения на солнце незначителен.

Наша установка может с успехом использоваться как для отопления индивидуальных домов, так и жилых зданий, и промышленных комплексов в целом. Ее можно устанавливать как в непосредственной близости с теплопотребителем, так и в отдалении от него.

Парусность (кинетическое действие ветра) значительно снижается благодаря продуваемости конструкции. Конечно, небольшая парусность остается, ее невозможно снизить до нуля, но, по сравнению с существующими параболоидами и сферами, «продуваемость» ветром существенно выше, следовательно, уменьшается динамическое воздействие потока на установку.

Огромное преимущество нашей установки в простоте ее конструкции. Например, во Франции иногда для аналогичных целей используется зеркальный параболоид вращения, который фокусирует солнечные лучи в одну точку, в результате чего, в центре сосуда в одной точке достигается очень высокая температура и за счет этого происходит нагрев воды. Но эти установки очень дорогие и имеют множество недостатков.

Для нашей установки не требуется фокусировать источник тепла в одну точку, поскольку это привело бы к прожигу солнечного котла, нам наоборот, необходимо фокусировать солнечные лучи в большое пятно и за счет большой площади нагрева будет увеличиваться быстрота теплообмена и, следовательно, процесс нагрева воды будет достигать более высоких значений.

К тому же гелиоустановка имеет четко построенную и в то же время простую систему наведения на солнце, благодаря которой производится коррекция поворота солнечного концентратора в зависимости от сезона года и времени суток и, после проведения соответствующих расчетов и построений, она успешно может использоваться в любой части Земли.

В качестве теплоносителя может использоваться любая среда: жидкость (вода, спирт, люминофор, фреон, масло) или газ, что также является одним из преимуществ предлагаемой установки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследования проблемы использования солнечной энергии и путей концентрации и преобразования ее, нами было пройдено следующее:

- 1) изучен вопрос дальнейшего совершенствования гелиосистем;
- 2) разработана новая конструкция устройства для улавливания солнечной энергии, которая отличается от известных следующим: предложена оптическая система в виде рефрактора-рефлектора, которая образуется при помощи концентрированных конусов. Эти конусы расположены в различных плоскостях, что позволяет поместить теплоприемник внутри этой системы, поэтому система наведения на солнце позволяет поворачивать оптическую систему при неподвижном теплоприемнике. Это облегчает изготовление и эксплуатацию гелиосистемы;
- 3) предложена гелиосистема, целесообразная для солнечной инсоляции, характерной для Республики Беларусь и может быть использована для нагрева воды в различных технологиях освещения люминофоров, сжатого газа в термодинамических машинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмич В.В. «Снижение энергопотребления на технологические и бытовые нужды в сельском хозяйстве путем создания и использования высокоэффективных гелиосистем», Минск, 1996
2. Патент ВУ 6524 С1 «Система освещения» Северянина В.С.
3. Патент ВУ 6369 «Способ освещения помещений и объектов» Северянина В.С.
3. Mięczyński Grzegorz «Słoneczny grzejnik termoakumulacyjny «Solar»»
4. Колтун М.М. Солнечные элементы. М.: Наука, 1987.
5. Грилихес В.А., Орлов П.П., Попов Л.Б. Солнечная энергия и космические полеты. М.: Наука, 1984.
6. Солнечные отходы - «Наука и жизнь» №6, 2005
7. О возобновляемых источниках энергии - «Наука и жизнь» №8, 2004

УДК 621.311:63

Матвеева А.С., Янчилин П.Ф.

Научные руководители: д.т.н., проф. Северянин В.С., ст. препод., к.т.н. Тимошук А.Л.

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО КОНТАКТНОМУ НАГРЕВУ ВОДЫ

В настоящее время известен пульсирующий режим горения. В этом режиме могут гореть как твердое, жидкое так и газообразное топливо. Одним из способов применения пульсирующего горения является контактный нагрев воды.

На сегодняшний день контактный нагрев воды – это самый эффективный способ, при котором достигается максимальное использование теплоты сгорания топлива, что очень ценно с точки зрения энергосбережения. По сравнению с существующими методами нагрева водонагреватели контактного типа имеют ряд преимуществ [1]. В них для нагрева воды используют продукты сгорания топлива. Потери воды на ее испарение имеются, но они компенсируются за счет происходящего теплообмена при контакте горячих уходящих газов с поступающей холодной водой и конденсации водяных паров из продуктов сгорания. Поэтому эти потери считаются незначительными.

Недостатком контактного нагрева является зависимость качества получаемой воды от качества топлива и горения. При химическом недожоге топлива качество воды ухудшается, кроме того, промышленное топливо может иметь примеси (аммиак, негорючие

окислы, меркаптаны и т.д.) которые при горении могут образовывать соединения, также ухудшающие качество воды.

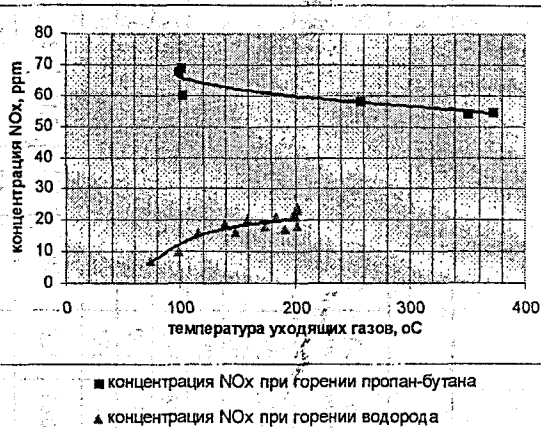
В данном случае наилучшим топливом для контактного нагрева воды является водород. Преимуществами использования данного топлива являются:

- полный массообмен;
- при химическом недожоге качество воды не ухудшается;
- большая надёжность воспламенения;
- уменьшение количества образующихся окислов азота.

Эти утверждения нами были подтверждены экспериментально (см. табл. 1, рис. 1).

На рис.1 показаны экспериментальные данные, полученные нами при испытании опытного контактного водонагревателя. Видно, что при сжигании водорода концентрация NO_x в несколько раз меньше. В табл.1 приведено сравнение основных показателей качества воды, нагретой в контактном водонагревателе со слоевым пульсирующим горением. Из этих данных видно, что содержание CO_2 в воде, нагретой при сжигании водорода в несколько раз меньше, чем при сжигании пропан-бутана, и ниже чем в исходной воде. Содержание нитритов в пробе воды при горении водорода практически не изменяется и меньше предельно допустимой. В общем, по всем показателям нагретая вода не превышает нормативных показателей, но сравнивая между собой воду нагретую пропан-бутаном и водородом, видно, что последняя лучше. Объясняется это тем, что водород — чистое топливо, не содержащее примесей. Кроме того, при сжигании водорода образуется только вода, в то время как другие топлива загрязняют атмосферу оксидами углерода, азота и несгоревшими остатками топлива, которые при контактом нагреве ухудшают качество воды. Поэтому для контактного нагрева в качестве топлива лучше использовать водород.

Рис.1 График зависимости концентрации NO_x от температуры уходящих газов.



Наиболее простой метод организации пульсирующего горения для контактного нагрева — это слоевое пульсирующее горение. Это горение основано на явлении «трубы Рийке» [2] — автоколебания газа в открытой с двух сторон трубе при наличии подвода теплоты к газу от нагретой решетки.

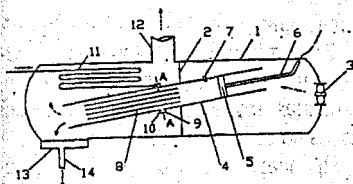
Северянин В.С. предложил заменить нагретую решетку слоем горящего кускового топлива [3]. При этом необходимое для поддержания колебаний газа в трубе тепло выделялось при сгорании топлива. Колебания газа в свою очередь воздействуют на процесс горения топлива. Для существования устойчивого режима, слой топлива должен располагаться на расстоянии $\frac{1}{4}$ от края трубы со стороны подачи воздуха.

Таблица 1

Топливо	№ режимов отбора пробы	Основные показатели качества воды										Температура, °С	Тепловая мощность, кВт
		O ₂ , мг/л	CO ₂ , мг/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻	Fe ³⁺ , Fe ²⁺ , мг/л	pH	Жесткость, мэкв/л	Кислотность, мг-экв/л	Цветность, град.			
пропан-бутан	1	-	55,0	1506,7	-	0,198	7,7	5,5	1,4	20,0	32,0	11,03	
	2	-	52,8	1494,5	-	0,277	7,7	5,0	1,4	20,0	63,0	10,84	
	3	-	59,4	1464,0	-	0,243	7,7	4,1	1,6	20,0	43,0	11,43	
	4	1,48	61,6	1464,0	-	0,18	7,65	4,2	1,6	20,0	50,0	18,52	
	5	2,31	57,2	1451,8	-	0,21	7,75	5,0	1,4	20,0	53,0	18,52	
	6	-	59,4	1439,8	-	0,172	7,9	4,8	1,4	20,0	67,0	16,55	
иск. проба		0,66	22,0	1342,0	-	0,15	8,6	5,2	1,2	10,0	5,0	-	
водород	1	-	5,0	-	1,0	-	7,4	6,9	-	2,0	25,0	3,2	
	2	-	11,2	-	1,0	-	7,0	7,1	-	2,0	26,0	3,0	
	3	-	4,8	-	1,3	-	7,0	7,1	-	2,0	32,0	6,0	
иск. проба		-	6,6	-	1,0	-	7,5	6,9	-	2,0	10,0	-	
норматив		-	-	-	3,5	0,3	6...9	7,0	-	20,0	не >75	-	

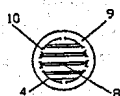
Термин «слоевое горение» применяют обычно для твердых топлив. Его использование применительно и к жидким топливам. Газообразные топлива, в силу своей физической природы, не могут образовывать слой, поэтому термин «слоевое горение газа» в некоторой степени условный, а «слой» представляет собой множество маленьких факелов, расположенных рядом друг возле друга. Такой способ сжигания газообразного топлива еще называют «микрофакельным горением». Однако для устройств пульсирующего горения, работающих по принципу трубы Рийке, к которым относится рассматриваемая установка, более применим термин «слоевое горение», так как подача топлива осуществляется в определенном сечении равномерно по всему сечению.

Водонагреватель



Фиг. 1

А-А

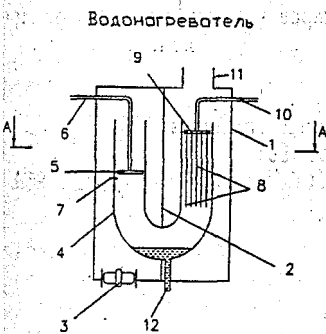


Фиг. 2

Рис. 2 Конструкция водонагревателя.

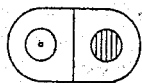
На рис. 2 показан продольный разрез по водонагревателю (фиг. 1) и по сечению А-А (фиг. 2), где обозначены: корпус – 1, перегородка – 2, вентилятор – 3, резонансный канал – 4, горелка – 5, газопровод – 6, запальник – 7, пластинчатый теплообменник – 8, коллектор – 9, отверстия – 10, змеевик – 11, выхлопная труба – 12, водяная емкость – 13, водоотводящий трубопровод – 14. На фиг. 2 показан слой воды на поверхностях пластинчатого теплообменника 8.

Работает водонагреватель следующим образом. Предварительно корпус 1 продувается вентилятором 3. Далее холодная вода под давлением подается в змеевик 11, в коллектор 9 и через отверстия 10 попадает на пластинчатый теплообменник 8. Включается постоянная подача воздуха вентилятором 3. Включается запальник 7, и по газопроводу 6 к горелке 5 подается газ, который воспламеняется запальником 7, после чего запальник 7 отключается. При наличии пламени у горелки 5 в резонансном канале 4 возникает стоячая акустическая волна – так называемое пульсирующее горение. Т.к. резонансный канал 4 расположен под углом к горизонту, т.е. ниже горелки 5, то вода стекает по пластинчатому теплообменнику 8 и резонансному



Фиг. 1

А-А



Фиг. 2

Рис. 3 Конструкция водонагревателя.

каналу 4 под действием собственного веса, контактируя по ходу движения с выходящими горячими продуктами сгорания и нагреваясь от них, по направлению к водяной емкости 13, где она аккумулируется и далее поступает к потребителю по водоотводящему трубопроводу 14. Продукты сгорания отводятся из корпуса посредством выхлопной трубы 12. Таким образом нагрев воды происходит как до входа в коллектор 9 (в змеевике 11), так и на пластинчатом теплообменнике 8.

2. Водонагреватель с U-образным резонансным каналом

На рис.3 показан продольный разрез по водонагревателю (фиг. 1) и по сечению А-А (фиг. 2), где обозначены: корпус – 1, перегородка – 2, вентилятор – 3, резонансный канал – 4, горелка – 5, газопровод – 6, запальник – 7, пластинчатый теплообменник – 8, коллектор – 9, подводящий трубопровод – 10, выхлопная труба – 11, водоотводящий трубопровод – 12. На фиг. 2 показан поперечный разрез по сечению А-А.

Работает водонагреватель следующим образом. Предварительно корпус 1 продувается вентилятором 3. Далее холодная вода по трубопроводу 10 подается в коллектор 9 откуда попадает на пластинчатый теплообменник 8. Включается постоянная подача воздуха вентилятором 3. Включается запальник 7, и по газопроводу 6 к горелке 5 подается газ, который воспламеняется запальником 7, после чего запальник 7 отключается. При наличии пламени у горелки 5 в резонансном канале 4 возникает стоячая акустическая волна – так называемое пульсирующее горение. Т.к. резонансный канал 4 имеет вертикальное расположение в области теплообменника 8, то вода стекает по пластинчатому теплообменнику 8 и резонансному каналу 4 под действием собственного веса, контактируя по ходу движения с выходящими горячими продуктами сгорания и нагреваясь от них, по направлению к водоотводящему трубопроводу 12. Продукты сгорания отводятся из корпуса посредством выхлопной трубы 11.

Технико-экономический эффект будет заключаться в упрощении конструкции теплообменника, а также в изменении геометрических размеров, что повысит его эксплуатационные качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.П. Соснин "Контактные водонагреватели". - Москва: Стройиздат 1974.
2. Б.В. Раушенбах «Вибрационное горение». - Москва 1961.
3. Северянин В.С., Лысков В.Я. «Камерная топка», А.С. СССР №228216 – Б.и. №31, 1968.

УДК 628.353

Вдовиченко И.Г.

Научный руководитель: ст. препод. Акулич Т.И.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ ДРЕВНЕГО РИМА

Рим — один из древнейших городов мира, получивший прозвание «Вечный город». По преданию, Рим был основан на семи холмах братьями Ромулом и Ремом в 753 г. до н. э., но археологические данные показывают следы поселений бронзового века не менее чем 1500 г. до н. э. В процессе своего развития Рим стал столицей огромного государства — Рима Древнего. Это был самый большой и населенный из городов древности (его население составляло в период расцвета до 1,5 млн. человек) [1]. На каждого из которых приходилось до 1000 литров воды в сутки. Необходимо отметить, что этот показатель превышает водопотребление в современном Риме почти в 3 раза.

С VIII по IV в.в. до н.э. водоснабжение Рима осуществлялось из реки Тибр, но в связи с загрязнением реки в IV в. до н. э. было запрещено использовать ее воду в качестве питьевой. В связи с тем, что подземные источники и небольшие речки не могли обеспечить водой всех жителей столицы, водоснабжение Рима с IV в. до н. э. стало осуществляться путем строительства водопроводов, подающих воду из горных источников [5].

Первый водопровод провел в 312 г. до н.э. цензор Аппий Клавдий; он шел на протяжении 16 км и оканчивался у Тибра по соседству с гаванью, где выгружали мрамор. Его так и называли Аппиевым водопроводом (aqua Appia) [6].

В 272 г. до н.э. цензор Маний Курий Дентат начал второй водопровод – Anio Vetus, который был закончен через два года. Длина его была 70 км. Третий водопровод построил в 144 г. до н.э. претор Марций Рекс. Он начинался за 61-м километром от Рима и последние 10 км шел по массивным аркадам, значительная часть которых сохранилась и до сих пор, заканчивался он у Капенских ворот. Четвертый водопровод, Тепловатый (aqua Tepula), был сооружен цензорами Цепионом и Кассием. Он начинался в 15 километрах от Рима, а название свое получил потому, что вода из него шла действительно тепловатая.

Агриппа в 33 г. до н.э. провел Юлиев водопровод (aqua Iulia) и водопровод Девы (aqua Virgo), последний водопровод был назван так потому, что, по преданию, источник воды указала строителям девушка. Водопровод Девы снабжал водой термы и пруд при них [5].

Водопроводы также строили: Август (Aqua Alsietina), данный водопровод питал водой огромный пруд – 536x357 м, выкопанный для потешных морских сражений, которые Август устраивал в связи с освящением храма Марсу Мстителю (2 г. до н.э.). Вода из этого водопровода была низкого качества; Клавдий: (aqua Claudia, длиной 68 км и Anio Novus, длиной 87 км); Траян: (aqua Traiana, действующий и поныне); Александр Север: (aqua Alexandrina) [5].

Эти одиннадцать водопроводов давали городу 1.5 миллиона кубометров воды в день.

Строительство водопроводов в Риме осуществлялось на общественные средства, а также на средства, полученные в результате победоносных войн. Финансирование на эксплуатацию водопроводов формировалось за счет нескольких видов налогов, относящихся к сфере водопользования. Это были налоги на бани и каналы [5].

Водопроводы, или акведуки, строились следующим образом. На довольно высоком месте находили обильный источник воды и делали углубление в виде большого водоема, в котором собиралась вода. Из этого водоема вода поступала к общественному или собственному (личному) водопроводу по подземным трубам или по надземным водопроводам.

Подземные трубы выполнялись из дерева, глины или свинца. Свинцовые трубы – одна из причин падения Римской империи. Свинец – провокатор онкологических заболеваний. Римляне, особенно элита, не доживали до 30 лет из-за раковых опухолей.

В местах пересечения водопровода с твердыми скальными породами вырубались водоотводные каналы; в мягких грунтах эти каналы выкладывались камнем и над ними сооружались своды. Надземные каменные водопроводы имели гидроизоляцию из штукатурки и отверстия сверху для доступа воздуха. Водопроводы выполнялись на стенах, которые везде, где нужен был проход, имели арки, как например, часть водопровода Клавдия. Эти арки образовывали один или несколько ярусов, что позволяло сооружать водопроводы через реки в виде мостов и прокладывать по ним дороги.

Самый высокий в истории трехъярусный акведук был построен в 18 г. н.э. – древнеримский акведук Пон-дю-Гар, (он поднимается над рекой Гар), близ современного французского города Ним, местами возвышался над землей на рекордные 50 м. Перепад вы-

сот: в его начале и конце составлял 17 метров. Этот акведук был частью 50-километрового водопровода, ежедневно доставлявшего в Ним 30 тысяч кубометров чистой родниковой воды. [6]. Мост-акведук Пон-дю-Гар изображен на рисунке 1.

Кроме водоводов, системы античного водоснабжения имели особые водоемостойники для очищения воды и в конце водовода особый гидравлический прибор для удобства распределения воды по городу. Распределение производилось при помощи трех резервуаров; в одном из которых находилась вода, предназначенная для общественных колодцев и фонтанов (водометов), в другом - вода для бань, а в третьем - для частных домов.

Поражают своими масштабами и великолепием очистные сооружения в районе г. Байи (на берегу Неаполитанского залива). Они занимают обширные пространства и покрыты сводом, покоящимся на 48 колоннах. В каждом богатом римском доме были домашние купальни.

Рис. 1. Мост-акведук Пон-дю-Гар



Однако не все могли иметь собственную баню, и в Риме уже с III в. до н. э. появляются общественные бани. В Риме к концу I в. до н. э. насчитывалось 170 общественных бань; одни из них принадлежали городу, другие - частным владельцам. В IV в. н. э. в Риме имелось около тысячи бань.

Устройство бани было следующим: аподитерий (от греческого *αποδο* — «снимаю») — раздевальная; фригидарий (*frigidus* — «холодный») — холодная баня — имела бассейн с холодной водой, по ее сторонам расположены ниши со скамьями и стульями; тепидарий (*tepidus* — «теплый»), — умеренно-теплый зал, комната, где никогда не мылись, а только прогревались, иногда даже в одежде, подготавливаясь таким образом к переходу в жаркую баню, в стенах были проделаны ниши, куда складывали одежду; кальдарий, (*calidus* — «горячий») — жаркая баня, имела продолговатый бассейн с горячей водой, в середине — пространство для сухой потовой бани, а в нишах стояли ванны, в которых можно было окатиться холодной водой; палестра — площадка, обнесенная с трех сторон крытой колоннадой (чаще в больших банях и термах), проводились гимнастические упражнения и игры, чтобы хорошо пропотеть перед баней [5].

Первые термы (от лат. *themaе*, греч. *therme* — тепло, жар) в Риме в 24 г. до н. э. построил Агриппа, завещавший их в бесплатное пользование римскому населению. Рядом с ними на Марсовом Поле построил в 64 г. н. э. свои термы Нерон. Недалеко от Неронова Золотого дома находятся термы Тита (75 г.); к северо-востоку от них, почти рядом, были Траяновы термы (110 г.), где в царствование этого императора мылись женщины. Позднее воздвигнуты были термы Каракаллы (217 г.), термы Диоклетиана, занимавшие 13 га (в 295-м) и т.д.

Термы Каракаллы уже в V в. н. э. считались одним из чудес Рима. Они занимали площадь в 11 га. Двор терм Каракаллы (рис. 2) имел размеры 400х400 м, центральный комплекс — 150х200 м. Главное здание — «банный корпус» лежал в парке, который окружен сплошной линией разных помещений. В термах Диоклетиана центральный комплекс был 200х300 м. в нем одновременно могло мыться до 3200 человек.

Императоры не только стремились к художественной отделке своих терм, не только облицовывали стены мрамором, покрывали мозаиками полы и ставили великолепные

колонны; они систематически собирали здесь произведения искусства. В термах Каракаллы стояли когда-то Фарнезский бык, статуи Флоры и Геркулеса, торс Аполлона Бельведерского (не считая множества других менее значительных статуй); знаменитая группа Лаокоона была найдена в термах Траяна. Сюда приходили не только смыть грязь, здесь отдыхали.

Рис. 2. Термы Каракаллы



Пышное убранство терм придавало им сходство с музеями.

Для надзора за всеми гидротехническими сооружениями Рима требовалось создание особого водного ведомства. Такое ведомство было создано и получило название «Водная команда».

В 97 году н.э. получил назначение «водного смотрителя» Фронтин. Это был полководец, дважды консул, один из наиболее видных людей Рима.

В конце I века «Водяная команда» состояла из людей разных специальностей.

Часть ее помещалась за городом, чтобы в случае необходимости быстро произвести нужный ремонт, посты другой были расставлены у водонапорных башен и больших фонтанов. В их ведении находятся водопроводы – сеть всех труб, проложенных по городу, и фонтаны. За умышленную порчу этих труб и башен, за прекращение или уменьшение подачи воды во всем городе или в тех владениях, хозяева которых пользовались правом отвести себе воду, на виновного налагался штраф в 100 тыс. сестерций; если порча была причинена нечаянно, без злого умысла, виновный должен был немедленно заняться ее исправлением.

«Водяная команда» включала со времен Клавдия 700 человек: из них 240 государственных рабов и 460 императорских рабов и отпущенников. Последние были добавлены Клавдием после проведения им двух новых водопроводов. [2]

Во главе этой команды были специалисты по строительству водопроводов. Далее шли обходчики, мостовщики, нивелировщики, каменщики, работники, умеющие обращаться со свинцом, и простые чернорабочие.

«Водяная команда» занималась только текущей работой и мелким ремонтом. Были еще и так называемые «сверлильщики» - это были «водяные воры», которые, сговорившись с кем-либо из частных лиц, не имевших права на получение воды, пробивали водопроводные трубы, облегчая, таким образом, кражу воды для заинтересованных лиц [7].

Огромные количества использованной воды требовали отвода. Водоотводящая система Рима представляла собой крупнейший гидротехнический комплекс: стержнем которого была основная водоотводящая артерия «Клоака максима». Начал ее строить в VII-VI в. до н.э. этрусский гидротехник Тарквинус Спербус, имела она около пяти метров в ширину. Она постепенно обкладывалась камнем и перекрывалась сводами. Строительство продолжалось долго, к 300 г. до н.э. оно считается в основных чертах завершенным (общая длина клоаки - 800 м), однако это не мешало римлянам строить и достраивать канал вплоть до 33 г. до н.э., - подводить боковые сточные каналы. В Риме существовал специальный закон, разрешавший присоединение к городской канализации частных домов, лишь при условии уплаты особого налога – клоакариума [5]. Сточные воды сбрасывались в реку Тибр. «Клоака максима» частично просуществовала вплоть до 1900 г. Канализация обслуживала и общественные уборные, которых в Риме в 315 г. н.э. было 144.

История канализации хранит сведения о роскошных уборных – фриках (рис. 3). Судя по тому, как располагались здесь сиденья, посещения этих заведений было одно из форм досуга горожан и отправление нужды перемежалось беседой с приятными сердцу людьми: Каменные сиденья образовывали круг - как в амфитеатре. Места хватало для 20-50 человек - например, в термах Адриана в Ливии они спроектированы на 50 человек, с богатой декоративной мозаикой на полу и фонтанами. Посещение таких фриков было по карману только очень состоятельным гражданам.

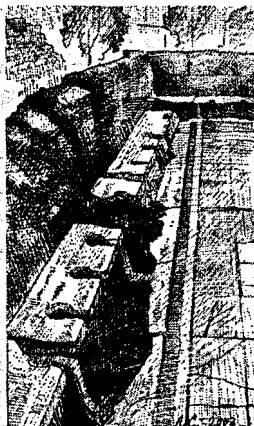


Рис. 3. Фрики

В Риме впервые в мире были открыты платные общественные уборные. Именно тогда родилось знаменитое выражение *pop olef* - "деньги не пахнут!"

Римский император Веспасиан догадался делать деньги из экскрементов: обложил налогом туалеты. По преданию, когда его сын, будущий император Тит, стал попрекать отца за этот налог, тот взял монету из первой прибыли, поднес к его носу и спросил, возьмет ли она. "Нет"; - ответил Тит. "А ведь это деньги с мочи", - сказал Веспасиан. Отсюда ведет свое происхождение главная заповедь всех дельцов: "деньги не пахнут".

Остальные пользовались общественными туалетами - зловонными, полными мух, особенно в летнее время [6].

С самого начала возникновения первых цивилизаций - Индии, Вавилона, Ассирии, Египта - население крупных городов было вынуждено решать вопросы снабжения чистой водой больших общин людей, а также полного и быстрого удаления отходов от жилья [7]. Классическим примером решения этих нелегких проблем можно считать Древний Рим, в котором для водоснабжения в II веке до н.э. были построены грандиозные акведуки, подававшие воду за несколько десятков километров в общественные бани - термы, в дома патрициев, дворцы, фонтаны и бассейны.

Можно смело утверждать, что «Вечный город» являлся в то далекое время флагманом по строительству и эксплуатации гидротехнических сооружений, а также был городом с высокими санитарно – гигиеническими показателями и высоким уровнем жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Большая энциклопедия Кирилла и Мефодия» 2006.
2. Гиро П. Частная и общественная жизнь римлян. - М., 1967.
3. Картины из бытовой истории Рима в эпоху от Августа до конца династии Антонинов. - СПб., 1914. Ч. 1.
4. Кнабе Г.С. Древний Рим – история и повседневность. - М., 1986.
5. Машкин Н. А. История Древнего Рима. - М., 1956.
6. Моммзен Т. История Рима. Т. 1-3, 5. - М., 1939-1949.
7. Сергеевко М. Е. Жизнь Древнего Рима. Очерки быта. - М., 1964.
8. <http://www.aquafilter.ru/water/article/article10.htm>
9. http://www.buyda.ru/Danses/rome_water.htm
10. <http://www.nt.unets.ru/italy>
11. <http://www.oldrim.virtualave.net>

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ И МАТЕРИАЛОВ НА ЕЁ ОСНОВЕ

Введение

Широкое применение древесины в строительстве обусловлено рядом положительных свойств: высокая прочность при небольшой плотности; малая теплопроводность; легкость обработки; простота скрепления отдельных элементов; высокая морозостойкость; сопротивляемость действию многих химических реагентов.

Вместе с тем древесина имеет и ряд недостатков, ограничивающих ее применение в строительстве: неоднородность (анизотропность) строения и наличие пороков, гнирскопичность, приводящая к изменению размеров древесины, коробление и растрескивание, способность к загниванию, а также горючесть.

Несмотря на перечисленные недостатки древесины, различные деревянные конструкции широко применяются в строительстве. Так, например, применение в строительстве клееных деревянных конструкций вместо железобетонных снижает расход стали на 20-24 кг/м², цемента - на 30-35 кг/м², облегчает массу конструкций покрытий в 4-5 раз. Для залов больших пролетов общественных зданий применение 1-3 м древесины позволяет сэкономить до 1 т стали.

Вместе с тем в условиях пожара незащищенные деревянные конструкции способствуют распространению огня. Предел огнестойкости конструкций из древесины определяется временем, за которое несущая способность сечения уменьшается за счет обугливания и прогрева до действующей нагрузки. На скорость обугливания древесины оказывает влияние ее плотность, влажность, условия притока воздуха и температурный режим огневого воздействия. Пропитка антипиренами не влияет на скорость обугливания древесины, а лишь незначительно задерживает момент ее воспламенения.

Наиболее перспективным и эффективным методом огнезащиты деревянных конструкций в условиях строительной площадки является нанесение огнезащитных покрытий. Передача тепла через покрытие к защищаемой конструкции происходит за счет теплопроводности самого покрытия и его твердых продуктов разложения. Поэтому решающим фактором, определяющим эффективность огнезащитных покрытий в условиях пожара, является теплоизолирующая способность, которая зависит от толщины покрытия. Однако чрезмерное увеличение толщины покрытия отрицательно влияет на эксплуатационные свойства конструкций и материалов из древесины. Кроме того, толстые покрытия и покрытия с непрозрачными наполнителями лишают древесные материалы их высоких декоративных качеств.

Проведя изучение свойств жидкого стекла, мы пришли к выводу: в сравнении с другими связующими жидкое стекло обладает целым рядом неоспоримых преимуществ, основными из которых являются исключительно низкая стоимость (около - 1300 руб./лит.), полная пожаро-, взрывобезопасность, экологическая и санитарная чистота; факт производства в Республике Беларусь и другие; что позволяет на его основе получить эффективный огнезащитный состав для древесины и материалов на её основе. В связи с этим была проведена исследовательская работа и получены практические результаты.

Основная часть

Была сделана успешная попытка создать собственный огнезащитный состав на основании имеющихся теоретических сведений.

Подбор состава проводился по известной схеме «вяжущее» + «вспучивающаяся добавка» + «специальный наполнитель».

В качестве вяжущего выбран силикат натрия. Силикат натрия применяется при изготовлении кислотоупорных и жаростойких бетонов, силикатных красок. Известное свойство силиката натрия отдавать воду при действии повышенных температур дало основание для использования его и как компонента, обеспечивающего вспучивание.

В качестве вспучивающейся добавки в составе огнезащитного покрытия введен графит, который при действии высоких температур вспучивается в размере от 8 до 240 раз и при взаимодействии с силикатом натрия набухает.

Проведя исследования по составу огнезащитного покрытия, было получено оптимальное содержание каждого компонента в общей массе состава.

Далее с помощью соответствующей установки проводили огневые испытания образцов в соответствии с ГОСТ 16363 в исследовательской лаборатории МЧС. В камере с температурой пламени равной $(200 \pm 5)^\circ \text{C}$. образцы выдерживали в течение 2 мин воздействия пламени. В ходе испытаний контролировали, по показаниям ротаметра, величину расхода газа, которая может изменяться не более чем на одно деление шкалы в большую или меньшую сторону. Через 2 мин подачу газа в горелку прекращали и оставляли образец в приборе для остывания до комнатной температуры. Остывший образец древесины извлекали из керамического короба и взвешивали.

Потерю массы образца (P) в процентах вычисляли по формуле 1 и округляли до 0,1 %.

$$P = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1} \quad (1)$$

где m_1 - масса образца до испытания, гр.; m_2 - масса образца после испытания, гр.

Для образцов должны были выполняться неравенства 2, 3.

$$[P_{\text{ср}} - P_i] < 3 \text{ при } P_{\text{ср}} < 9; \quad (2)$$

$$[P_{\text{ср}} - P_i] < 5 \text{ при } 9 < P_{\text{ср}} < 25, \quad (3)$$

где $P_{\text{ср}}$ - среднеарифметическое значение потери массы четырёх испытанных образцов, %; P_i - значение потери массы одного из четырёх испытанных образцов, %.

Результаты расчётов приведены в таблице 1:

Таблица 1 Расчёт потери массы образцов.

Номер образца	Потеря массы, %
1	2
1	6
2	6,7
3	6,3
4	7,4

За результат испытания приняли среднеарифметическое значение всех определений, округленное до целого числа процентов, по формуле 4.4:

$$P_{\text{ср}} = \frac{6 + 6,7 + 6,3 + 7,4}{4} = 6,6\% \quad (4)$$

В соответствии с формулой 2:

$$(6,6 - 6) < 3 \text{ при } P_{\text{ср}} < 9$$

По результатам испытаний можно сделать вывод: потеря массы составила не более 9 %, следовательно огнезащитный состав обеспечивает I группу огнезащитной эффективности древесины, т.е. гарантирует трудногораемую (трудногорючую) древесину.

Заключение

Нами был разработан и получен уникальный, а главный эффективный и дешевый огнезащитный состав для древесины и материалов на её основе. Потенциальными потребителями полученных результатов настоящей НИР могут являться предприятия жилищно-коммунального хозяйства, заводы по изготовлению деревянных изделий и конструкций, строительные и ремонтно-строительные организации, комбинаты противопожарных работ и любые другие предприятия, деятельность которых связана с решением рассмотренных в настоящем проекте проблем.

Экономический эффект ожидается за счёт значительного снижения стоимости материалов для пропитки в сравнении с аналогами, снижению санитарных издержек, отмены уплаты экологического налога ввиду полной пожарной, экологической и санитарной безопасности, негорючести жидкого стекла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Груша Д., Пищалов В. Строительство и недвижимость. – 2005.

УДК 69.057.4 (088.8)

ЛЕВЧУК А.А.

Научные руководители: доцент Пчелин В.Н., ст. препод. Шалобыта Н.Н.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ СТРУКТУРНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЗЛОВЫМ ЭЛЕМЕНТОМ В ВИДЕ ПОЛОГО ШАРА И КРЕПЕЖНЫМИ БОЛТАМИ С СИЛОВОЙ И СТОПОРНЫМИ ГАЙКАМИ

Структурные конструкции относятся к классу пространственных стержневых конструкций, используемых чаще всего в качестве несущих элементов зданий общественного и производственного назначения.

Достоинствами структур являются: возможность создания большого пролета между опорами, индустриальность изготовления элементов структуры и их сборки, возможность размещения инженерных коммуникаций между поясами структур.

В практике строительства применяются сварные, болтовые и комбинированные узловые соединения.

Сварные узловые соединения изготавливаются непосредственно на строительной площадке, вследствие чего они характеризуются высокой трудоемкостью сборки структур, что сдерживает их широкое применение в строительстве.

Болтовые соединения исключают сварку как в заводских так и в построечных условиях и позволяют собирать структуру из стержней на болтах или других сборных приспособлений (фасоночные и замковые соединения). Однако болтовые соединения характеризуются невысокой расчетной воспринимаемой нагрузкой (до 1,1 кН/м²) и необходимостью высокой точности изготовления соединяемых элементов структуры, что, в ряде случаев, значительно усложняет как изготовление элементов структуры, так и ее сборку.

В комбинированных узловых соединениях сочетаются как сварные, так и болтовые соединения, при этом сварка выполняется в заводских условиях, а сборка – в построечных на участках. К недостаткам существующих комбинированных узловых соединений («Меро», «Веймар», «ИФИ» и др.) следует отнести повышенные требования к точности изготовления собираемых в узел элементов, что существенно усложняет их изготовление и сборку.

Для снижения требований к точности изготовления собираемых в узел элементов и упрощения сборки структур в узлах в Брестском государственном техническом университете разработаны, испытаны и успешно внедрены комбинированные узлы соединения элементов структур с узловым элементом в виде полого шара («БрГУ» [1,2,3]).

Узловой элемент разработанного узла по патенту РБ 2489 [1] выполнен в виде полого шара с отверстиями в стенке (рис.1) и предназначен для соединения стержневых элементов в виде тонкостенных трубчатых профилей, оголовки которых снабжены жестко установленными в их полостях специальными гайками. Со стороны полости шара через отверстия пропущены крепежные высокопрочные болты из стали 40 ХС "Селект" или 30ХЗМФ с силовой и стопорной гайками с возможностью вкручивания в специальные гайки полых стержней структуры. Между головками болтов и внутренней поверхностью шара, а также между силовыми гайками и наружной поверхностью шара, установлены шайбы со сферически, обращенными к шару поверхностями.

Полый шар изготавливается из двух полушфер, полученных путем горячего прессования из листового проката. В полушферах сверлятся отверстия необходимого диаметра под болты. В отверстия полушфер устанавливаются на выше указанных шайбах болты с силовыми и стопорными гайками. Полушферы свариваются стыковым швом с разделкой кромок соединения по типу С17 по ГОСТ 5264-80 полуавтоматической или автоматической сваркой в среде углекислого газа.

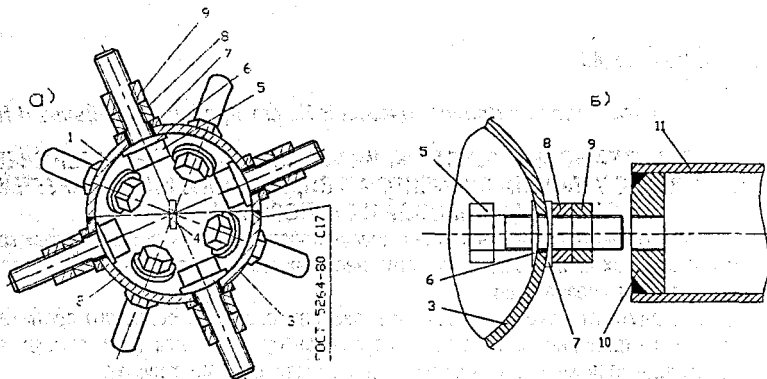


Рисунок 1. Узел соединения полых стержней структурной плиты (патент РБ 2489):

а) общий вид узла, собранного на заводе; б) положение узлового элемента с болтами и полого стержня перед их соединением; в) то же, в проектном положении; 1 – верхняя полушфера; 2 – нижняя полушфера; 3 – полый шар; 4 – штифт; 5 – болт; 6 – шайба с выпуклой сферической поверхностью; 7 – шайба с вогнутой сферической поверхностью; 8 – силовая гайка; 9 – стопорная гайка; 10 – специальная гайка; 11 – полый трубчатый стержень

Диаметр каждого из отверстий в стенке шара под болты принимается по выражению (рис.2):

$$d_{\text{отв}} = \frac{d_b}{\cos \alpha} + \delta \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где $d_{\text{отв}}$ - диаметр отверстия;

d_b - диаметр болта;

δ - толщина стенки полого шара;

α - требуемый допустимый угол отклонения оси болта относительно оси отверстия, позволяющий снизить точность изготовления элементов структуры.

При сборке узла силовая и стопорная гайки стопорятся относительно друг друга и болта посредством поворота гаек с затягиванием навстречу друг другу. Затем, путем вращения застопоренных гаек с болтом, последний вкручивается в специальную гайку полого стержня до упора силовой и стопорной гаек в специальную гайку, при том головка болта опирается во внутреннюю шайбу, а через нее – в стенку полого шара. На заключительном этапе силовая гайка вращается в обратном направлении до момента ее упирания в наружную шайбу, и производится стопорение болта относительно шара путем затягивания силовой гайки. Аналогично соединяются в узле остальные стержни. Выполнение отверстий в стенке полого шара диаметром, превышающим диаметр болтов, обеспечивает возможность поворота болтов при сборке узла на расчетный угол, что упрощает сборку узла и позволяет снизить точность изготовления узлового элемента.

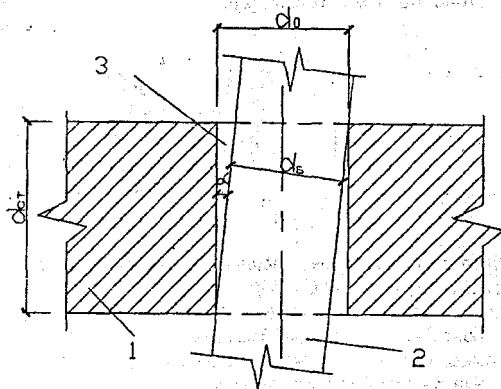


Рисунок 2. Схема к определению диаметра отверстий в стенке полого шара:

- 1 – стенка полого шара; 2 – крепежный высокопрочный болт; 3 – отверстие

Разработанная структурная плита системы «БрГТУ» с узлами из полых шаров использована при проектировании и строительстве структурных покрытий ряда объектов:

«Летний театр в г. Бресте»; «Ледовая арена в г. Пружаны»; «Летний амфитеатр в г. Витебске».

Основные параметры возведенных с использованием предлагаемых узлов в республике Беларусь структурных конструкций приведены в таблице.

Основные параметры возведенных в республике Беларусь структурных конструкций с использованием разработанных в БрГТУ узлов

Параметры	Объект		
	«Летний театр в г. Бресте»	«Ледовая арена в г. Пружаны»	«Летний амфитеатр в г. Витебске»
Размеры в плане, м ($l \times b$)	22,5x20	63x39	120x71
Размеры ячейки структуры, м ($l \times b \times h$)	1,5x1,5x1,06	3x3x3	3x2,93x2,5
Расчетная нагрузка, кН/м ²	2,31	2,57	3,79
Диаметр полых трубчатых стержней, мм	76	83;89;127	114;127
Толщина стенок полого трубчатого стержня, мм	4	4;5;8	8;12;14
Диаметр узлового элемента из полого шара, мм	160	160;212	212
Толщина стенок полого шара, мм	10	10;16	16
Расчетные усилия в стержнях структуры, кН	171	428	386
Масса 1 м ² структуры, кг/м ²	39,4	47,2	56

Для повышения надежности стопорения болта с силовой гайкой на болт может навкручиваться еще одна дополнительная стопорная гайка (рис.3, [2]).

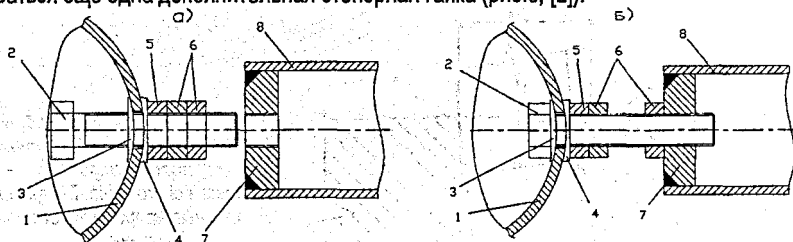


Рисунок 3. Узел соединения полых стержней структурной плиты с силовой и двумя стопорными гайками (патент РБ 2550):

- а) положение узлового элемента с болтами и полого стержня перед их соединением; б) то же, в проектом положении; 1 – полый шар; 2 – болт; 3 – шайба с выпуклой сферической поверхностью; 4 – шайба с вогнутой сферической поверхностью; 5 – силовая гайка; 6 – стопорные гайки; 7 – специальная гайка; 8 – полый трубчатый стержень

Для снижения затрат труда на сборку узла в патенте РБ 3167 [3] жестко установленные в полостях оголовков каждого из стержней специальные гайки и вкручиваемые в них болты смежных узловых элементов выполнены с разным направлением винтовой резьбы, что позволяет обеспечить при вращении каждого из стержней одновременное вкручивание в гайки стержня сразу двух болтов смежных узловых элементов.

Проведенные испытания в полной мере подтвердили работоспособность запроектированных структурных плит на основе разработанных узлов и показали, что испытанные структуры удовлетворяют всем требованиям СНиП и СНБ.

Вышесказанное позволяет рекомендовать разработанные узлы пространственных конструкций к широкому внедрению в производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РБ №2489, МКИ Е 04В 1/58. Узел соединения полых стержней пространственного каркаса / В.И.Драган, А.А.Левчук, Н.Н.Шалобыта, В.Н.Пчелин; Учреждение образования "Брестский государственный технический университет" (ВУ).- Заявл.21.07.05; публ. 28.02.06; Бюл.№1 // Афіцыйны бюлетень.- 2006.- №1.
2. Патент РБ №2550, МКИ Е 04В 1/58. Узел соединения полых стержней пространственного каркаса / В.И.Драган, В.Н.Пчелин, А.А.Левчук, Н.Н.Шалобыта; Учреждение образования "Брестский государственный технический университет" (ВУ).- Заявл.26.07.05; публ. 28.02.06; Бюл.№1 // Афіцыйны бюлетень.- 2006.- №1.
3. Патент РБ №3167, МКИ Е 04В 1/58. Пространственный каркас из полых стержней / И.Драган, В.Н.Пчелин, Н.Н.Шалобыта, А.А.Левчук; Учреждение образования "Брестский государственный технический университет" (ВУ).- Заявл.17.05.06; Опубл. 31.12.06; ол.№56 // Афіцыйны бюлетень.- 2006.- №6.

УДК 69.057.4 (088.8)

ЛЕВЧУК А.А.

Научные руководители: доцент Пчелин В.Н., ст. препод. Шалобыта Н.Н.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КАРКАСА ИЗ ПОЛЫХ СТЕРЖНЕЙ С СИЛОВОЙ ГАЙКОЙ В ВИДЕ ПОЛЫХ ВТУЛОК

Геометрия структурных пространственных стержневых конструкций имеет множество альтернативных форм, однако вопрос объединения элементов в структурную конструкцию является если не главным, то, по крайней мере, определяющим при их проектировании.

Весьма перспективным, как показал реализованный в РБ опыт внедрения, является узел соединения полых стержней (узел «БрГТУ»), разработанный в Брестском государственном техническом университете.

При установке стержней узлов «БрГТУ» [1], в которых узловой элемент выполнен в виде полого шара с отверстиями в стенке, через которые пропущены болты с шайбами, шайбовыми и стопорными гайками, крепежные болты первоначально втапливаются в полость шара, что приводит к необходимости увеличения диаметра шара, т.е. к увеличению его материалоемкости. Кроме того, несущая способность данного узла на сжимающие усилия в значительной степени определяется устойчивостью болта, зависящей от расстояния между стержнем и шаром узла в проектном положении. Значительное расстояние между стержнем и узлом в проектном положении определяет также повышенные трудозатраты на ввинчивание болтов в специальные гайки.

Повысить несущую способность узла на сжимающие усилия и уменьшить диаметр полого шара и затраты труда на сборку узлов позволяет представленное на рис. 1 решение (заявка на выдачу патента РБ на изобретение а 20060351 от 17.04.06 г.), в котором каждый из оголовков стержней снабжен жестко установленным в их полости кольцевым упором, а силовые гайки выполнены в виде пропущенных соосно через кольцевые упоры с возможностью осевого перемещения и вращения вокруг своей оси втулок с наружной винтовой резьбой и скосами под гаечный ключ и с жестко прикрепленным к расположенному в полости стержня торцу втулки кольцевым фланцем, ограничивающим, при взаимодействии с соответствующим кольцевым упором, величину выдвигания втулки из полости стержня.

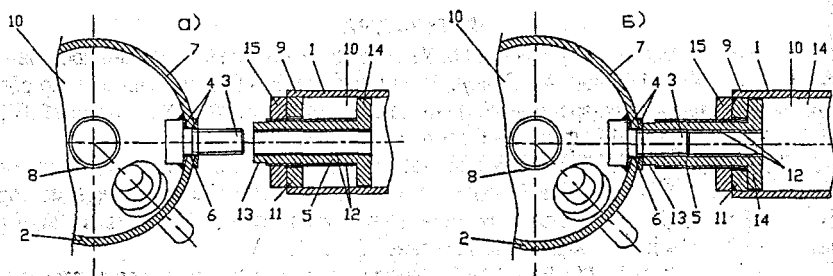


Рисунок 1. Узел соединения полых стержней структурной плиты с подвижными гайками стержней в виде втулок с наружной и внутренней винтовой резьбой:

а) положение узлового элемента с болтами и полого стержня перед их соединением; б) то же, в проектном положении; 1 – полый стержень; 2 – полый шар; 3 – крепежные болты; 4 – шайбы; 5 – гайка в виде втулки; 6 – отверстие под болты; 7 – стенки шара; 8 – полость шара; 9 – оголовок стержня; 10 – полость стержня; 11 – кольцо упор; 12 – винтовая резьба; 13 – скосы; 14 – кольцевой фланец; 15 – стопорные гайки.

Причем стопорные гайки навинчены на выступающие за пределы оголовков стержней участки втулок, а болты пропущены через отверстия в стенке шара и жестко прикреплены вместе с внутренними шайбами к шару.

Длина каждого из стержней с кольцевыми упорами принимается по выражению:

$$l_c = L - D_{ш} - 2(l_b + \delta + b_{ск} + \delta_{сг}), \quad (1)$$

где l_c – длина полого стержня с кольцевыми упорами;

L – расстояние между смежными узлами пространственного каркаса;

$D_{ш}$ – диаметр полого шара;

l_b – длина выступающего за пределы шара участка болта;

δ – монтажный зазор между болтом и втулкой;

$b_{ск}$ – ширина скосов втулок под гаечный ключ;

$\delta_{сг}$ – толщина стопорной гайки.

Длина каждой из втулок с фланцем принимается по выражению:

$$l_v \leq \frac{1}{2}(L - l_c - D_{ш}) - \delta_{шн} + \delta_y + \delta_{ф}, \quad (2)$$

где l_v – длина втулки;

$\delta_{шн}$ – толщина наружной шайбы по ее оси;

δ_y – толщина кольцевого упора;

$\delta_{ф}$ – толщина кольцевого фланца.

Наружный диаметр втулок принимается менее на 1...2 мм диаметра отверстия кольцевых упоров, благодаря чему появляется возможность поворота втулок относительно их продольной оси, что позволяет снизить допуски на изготовление элементов структуры и упрощает сборку узлов.

В процессе сборки пространственной конструкции при установке каждого из стержней последний заводится между полыми шарами смежных узлов с максимально втолпленными в полость стержня втулками до опирания стопорных гаек в кольцевые упоры (фиг. 1 а).

Затем каждую из втулок выдвигают из полости стержня до контакта с соответствующим болтом шара с параллельным совмещением с осью болта путем поворота втулки относительно ее продольной оси. После чего производят накручивание втулок на болты путем вращения втулок гаечным ключом, одеваемым на скосы втулок, до момента опирания фланцев втулок в кольцевые упоры оголовков стержня, при этом устанавливаемый стержень остается на месте.

В случае, когда $l_b = \frac{1}{2}(L - l_c - D_{ш}) - \delta_{щ} + \delta_y + \delta_\phi$, одновременно с контактом фланца с кольцевым упором происходит опирание торца втулки через наружную шайбу в шар, что улучшает условие передачи на шар от стержней сжимающих нагрузок.

Если $l_b < \frac{1}{2}(L - l_c - D_{ш}) - \delta_{щ} + \delta_y + \delta_\phi$, то в этом случае между торцом втулки и шаром остается небольшой зазор, при этом передача нагрузки от стержней на шар производится через резьбу втулок, болтов и стопорных гаек.

На заключительном этапе производят стопорение втулок относительно стержня путем затяжки стопорных гаек при этом обеспечивается окончательное стягивание (плотный контакт) фланцев, упоров и стопорных гаек (рис. 1 б).

В другом предлагаемом решении, представленном на рис. 2 (заявка на выдачу патента РФ на изобретение а 20060352 от 17.04.06 г.), повышение несущей способности узла на сжимающие усилия и уменьшение диаметра полого шара и затрат труда на сборку узлов достигается тем, что в известном узле соединения элементов пространственного каркаса из полых стержней, оголовки которых снабжены жестко установленными в их полостях специальными гайками, содержащем узловый элемент в виде полого шара с отверстиями в стенках, через которые пропущены со стороны полости шара крепежные болты с шайбами, и расположенные между шаром и оголовками стержней силовые и стопорные гайки, каждая из силовых гаек выполнена в виде втулки с наружной винтовой резьбой, взаимодействующей с резьбой специальной гайки, и с внутренней винтовой резьбой, взаимодействующей с резьбой соответствующего болта. При этом каждая из стопорных гаек навинчена на соответствующую втулку, которая выполнена со скосами под гаечный ключ, а обращенные к шару торцы втулок выполнены со сферической поверхностью, соответствующей наружной поверхности шара. Причем болты снабжены упорами, ограничивающими осевое перемещение и предотвращающими вращение болтов, винтовая резьба болтов, гаек и втулок выполнена с одинаковым шагом; а длина каждого из стержней принимается по выражению (1).

Длина каждой из втулок вдоль оси принимается по выражению:

$$l_b = \frac{1}{2}(L - l_c - D_{ш}) + \delta_r + l_g, \quad (3)$$

где l_g - длина втулки;

δ_r - толщина гайки;

l_g - минимально допустимая величина выхода болта из гайки.

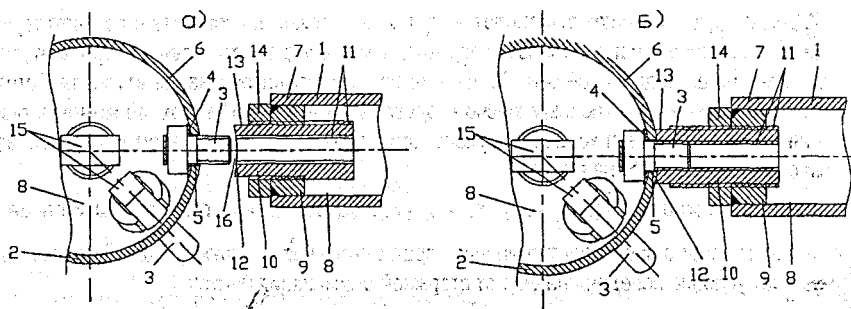


Рисунок 2: Узел соединения полых стержней структурной плиты с силовыми гайками в виде втулки с наружной винтовой резьбой:

а) положение узлового элемента с болтами и полого стержня перед их соединением; б) то же, в проектное положение; 1 – полый стержень; 2 – полый шар; 3 – крепежные болты; 4 – шайбы; 5 – отверстия; 6 – стенки шара; 7 – оголовок стержня; 8 – полость стержня; 9 – специальная гайка; 10 – силовая гайка в виде втулки; 11 – винтовая резьба втулки; 12 – торец втулки; 13 – скосы; 14 – стопорная гайка; 15 – П-образные упоры; 16 – зазор.

При сборке узлов накручивание втулок на болты производят до упора их торцов в шар и выборки всех зазоров, т.е. с выполнением затяжки втулок (фиг.2 б).

На заключительном этапе производят стопорение втулок относительно специальных гаек стержней путем затягивания стопорных гаек, что улучшает работу пространственной конструкции на динамические нагрузки.

Выполнение силовых гаек в виде втулок позволяет существенно повысить несущую способность узлов и упростить их сборку, т.е. расширить область применения узлов системы «БрГТУ»

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РБ №2489, МКИ Е 04В 1/58. Узел соединения полых стержней пространственного каркаса / В.И.Драган, А.А.Левчук, Н.Н.Шалобита, В.Н.Пчелин; Учреждение образования "Брестский государственный технический университет" (ВУ).- Заявл.21.07.05; Опубл. 28.02.06; Бюл.№1// Афицыйны бюлетень.- 2006.- №1.

УДК 629.139

Шумович Д. Ю.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ И КОЛИЧЕСТВА ЛЕТНЫХ ПОЛОС АЭРОДРОМА В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

ВВЕДЕНИЕ

Направление летных полос аэродромов принимается в зависимости от ряда факторов, среди которых первостепенное значение отводится ветровой загрузке. **Ветровой загрузкой или ветровой обеспеченностью летной полосы** называется вероятная частота использования какого-либо определенного направления полосы, выраженная в процентах от всех направлений ветров в течение года.

Ветер оказывает существенное влияние на взлетно-посадочные операции самолетов. Как правило, взлет и посадка производятся против ветра. Взлет и посадка самолетов при попутном и попутно-боковом ветре разрешаются в исключительных случаях, когда не представляется возможным выполнение этих операций при встречном или встречно-боковом ветре. При этом попутная составляющая скорости ветра должна быть не более 5 м/с, а боковая составляющая ветра – не более 6 м/с.

Выполнение взлета и посадки при попутном ветре ведет к увеличению дистанции разбега и пробега самолета. Так, например, при попутном ветре со скоростью 5 м/с длина разбега самолета типа Ил-86 увеличивается на 17%.

Предельно допустимой скоростью ветра при эксплуатации самолета считается скорость, выше которой теряется сопротивляемость самолета влиянию ветра. Предельные значения скорости ветра для взлета и посадки устанавливаются аэродинамическими расчетами и летными испытаниями для каждого типа самолета. Для большинства современных самолетов предельно допустимые скорости встречного ветра у земли составляют 25-30 м/с.

При боковом ветре различные самолеты при движении ведут себя по-разному. Одни из них имеют тенденцию к развороту против ветра, особенно на этапе, когда носовая опора поднята, другие – к развороту по ветру, третьи – к накренению. Самолет наклоняется за счет увеличения обжатия пневматиков колес и амортизаторов передней опоры и подветренной главной опоры шасси и за счет уменьшения обжатия пневматиков колес и амортизаторов наветренной главной опоры шасси. Практически этот крен может достигать 3-4° в поперечной плоскости и 1,5-2,0° в продольной плоскости.

Значения боковой аэродинамической силы Z и разворачивающего момента M_y растут с увеличением скорости бокового ветра и скорости движения самолета.

Как следует из рис. 1.1, скорость нормальной составляющей бокового ветра равна

$$W_6 = W_\alpha \cdot \sin \alpha, \quad (1.1)$$

где α – угол между осью движения самолета и направлением бокового ветра («угол сноса»), град; W_α – скорость бокового ветра, действующего под углом α , м/с; W_6 – скорость нормальной составляющей бокового ветра, м/с.

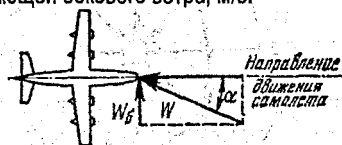


Рис. 1.1. Расчетная схема для определения скорости бокового ветра

Значения ветровой загрузки в зависимости от класса аэродрома представлены в табл. 1.1 [2]. Расчет ветровой загрузки должен выполняться по данным наблюдений за возможно длительный период, но не менее 5 лет по 8 или 16 румбам.

Таблица 1.1. Ветровая нагрузка аэродрома

Класс аэродрома	Минимальная ветровая нагрузка, %	Максимально допустимая скорость нормальной составляющей бокового ветра, м/с
в/к, I, II	98	12
III	95	8
IV	90	6

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Направления летных полос определялись с использованием исходных данных для метеостанций всех областных центров [1].

Для определения ветровой загрузки летной полосы метеорологические данные обрабатываются по *следующей методике* [3, 4].

Для примера рассмотрим определение наиболее загруженного направления летной полосы при $W_{\alpha}=8$ м/с.

Определяем повторяемость ветров различных скоростей по направлениям. Данные из климатологического справочника заносим в табл. 1.2. На основании данных табл. 1.2 строим розу повторяемости ветров по направлениям для $W_{\alpha}=8$ м/с (рис. 1.2).

Таблица 1.2. Повторяемость ветров по направлениям

Градации скоростей ветра, м/с	Повторяемость ветров по направлениям, %								Сумма процентов повторяемости ветров
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	
0-1	2,05	1,75	1,00	1,60	1,35	1,75	1,85	2,40	13,75
2-5	3,15	4,45	4,30	6,55	5,85	5,35	5,25	6,85	41,75
6-10	1,40	4,00	2,50	6,60	7,80	7,05	3,65	4,20	37,20
11-15	0,10	0,55	0,25	1,30	1,75	1,15	0,55	0,55	6,15
>15	0,10	0,15	0,05	0,10	0,20	0,30	0,05	0,20	1,15
Итого	6,80	10,90	8,10	16,15	16,95	15,60	11,35	14,15	100,00

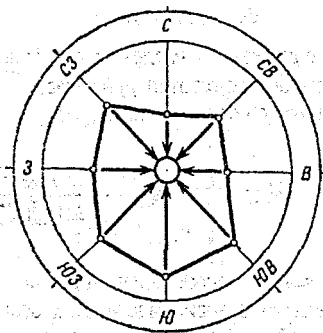


Рис. 1.2. Роза повторяемости ветров по направлениям для $W_{\alpha}=8$ м/с

Взлетно-посадочные операции на летной полосе выполняются с двух взаимно противоположных направлений. В связи с этим просуммируем значения повторяемости ветров по взаимно противоположным или, как принято называть, **совмещенным направлениям**.

По данным табл. 1.2 составляем табл. 1.3 повторяемости ветров по совмещенным направлениям. На основании данных табл. 1.3 строим розу повторяемости ветров по совмещенным направлениям для $W_{\alpha}=8$ м/с (рис. 1.3):

Таблица 1.3. Повторяемость ветров по совмещенным направлениям

Градации скоростей ветра, м/с	Повторяемость ветров по совмещенным направлениям, %				Сумма процентов повторяемости ветров
	С-Ю	СВ-ЮЗ	В-З	ЮВ-СЗ	
0-1	3,40	3,50	2,85	4,00	13,75
2-5	9,00	9,80	9,55	13,40	41,75
6-10	9,20	11,05	6,15	10,80	37,20
11-15	1,85	1,70	0,80	1,80	6,15
>15	0,30	0,45	0,10	0,30	1,15
Итого	23,75	26,50	19,45	30,30	100,00

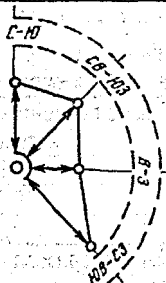


Рис. 1.3. Роза повторяемости ветров по совмещенным направлениям для $W_{\alpha}=8$ м/с

Зная величину $W_{\alpha}=8$ м/с, с помощью выражения (1.1) определяем значения скорости бокового ветра W_b , соответствующие различным углам скоса. При этом углы скоса α принимаем кратными 90° , 45° и $22,5^{\circ}$. Для углов скоса 45° и $22,5^{\circ}$ значения W_b умножаем соответственно на 2 и 4, т.е. приводим значения к углу 90° ($45=1/2 \cdot 90$ и $22,5=1/4 \cdot 90$). Результаты расчетов представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4: Значения скоростей бокового ветра

Угол скоса α , град.	Скорость бокового ветра W_b , м/с
90	8
45	11
22,5	12 и более

Построим графики охвата ветров по совмещенным направлениям (рис. 1.4). Аналогичным образом строят графики охвата ветров для совмещенных направлений В-З и ЮВ-СЗ.

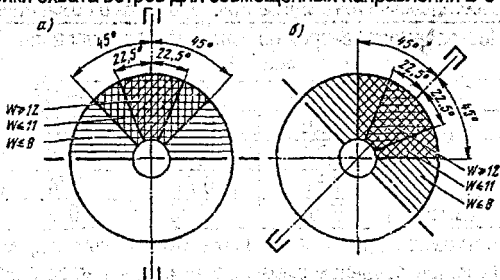


Рис. 1.4. Графики охвата ветров: а – совмещенное направление С-Ю; б – совмещенное направление СВ-ЮЗ

Градации скоростей ветра, приведенные в табл. 1.2 и 1.3, приводим к расчетным градациям с учетом данных табл. 1.4. Полученные результаты представим в табл. 1.5.

Таблица 1.5. Градации скоростей ветра в зависимости от угла скоса

Градации скоростей ветра, м/с	Угол скоса α , °
0-8	90
9-11	45
12 и более	22,5

С учетом данных табл. 1.5 будем иметь следующие проценты повторяемости ветров:

$$\omega_{0-8} = \omega_{0-1} + \omega_{2-5} + 0,6 \cdot \omega_{6-10} = 13,75 + 41,75 + 0,6 \cdot 37,20 = 77,82\%;$$

$$\omega_{9-11} = 0,4 \cdot \omega_{6-10} + 0,2 \cdot \omega_{11-15} = 0,4 \cdot 37,20 + 0,2 \cdot 6,15 = 16,11\%;$$

$$\omega_{12 \text{ и более}} = 0,8 \cdot \omega_{11-15} + \omega_{\text{более } 15} = 0,8 \cdot 6,15 + 1,15 = 6,07\%;$$

Результаты расчетов представим в табл. 1.6.

Таблица 1.6. Сумма процентов повторяемости ветров

Градации скоростей ветра, м/с	Сумма процентов повторяемости ветров, %	Угол скоса α , °
0-8	77,82	90
9-11	16,11	45
12 и более	6,07	22,5

Аналогичным образом выполним преобразование составляющих компонентов табл. 1.2 и 1.3, приведя их в соответствие с градациями, представленными в табл. 1.5.

После преобразований получим основную расчетную табл. 1.7 повторяемости ветров по скоростям и направлениям. Повторяемость ветров по скоростям и совмещенным направлениям приведена в табл. 1.8.

Таблица 1.7. Повторяемость ветров по скоростям и направлениям

Градации скоростей ветра, м/с	Повторяемость ветров по направлениям, %								Сумма повторяемости ветров, %	Угол α , град
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
0-8	6,04	8,60	6,80	12,11	11,88	11,33	9,29	11,77	77,82	90
9-11	0,58	1,71	1,05	2,90	3,47	3,05	1,57	1,78	16,11	45
12 и более	0,18	0,59	0,25	1,14	1,60	1,22	0,49	0,60	6,07	22,5
Итого	6,80	10,90	8,10	16,15	16,95	15,60	11,35	14,15	100,00	—

Таблица 1.8. Повторяемость ветров по скоростям и совмещенным направлениям

Градации скоростей ветра, м/с	Повторяемость ветров по совмещенным направлениям, %				Сумма повторяемости ветров, %	Угол α , град
	С-Ю	СВ-ЮЗ	В-З	ЮВ-СЗ		
0-8	17,92	19,93	16,09	23,88	77,82	90
9-11	4,05	4,76	2,62	4,68	16,11	45
12 и более	1,78	1,81	0,74	1,74	6,07	22,5
Итого	23,75	26,50	19,45	30,30	100,00	—

Определяем ветровую загрузку различных совмещенных направлений летных полос.

Расчет ведем с использованием схемы, содержащей информацию о расчетных градациях скоростей ветра и о соответствующей им повторяемости ветров по направлениям. Значения повторяемости ветров берем из табл. 1.7.

С использованием такого графоаналитического метода наиболее загруженное направление летной полосы может быть выбрано с точностью до 1° .

Ветровая нагрузка летной полосы характеризуется коэффициентом ветровой загрузки $k_{вз}$:

$$k_{вз} = \sum_0^{360^\circ} P_{0-8} + \sum_0^{45^\circ} P_{9-11} + \sum_0^{22,5^\circ} P_{12 \text{ и более}}, \quad (1.2)$$

где $\sum_0^{360^\circ} P_{0-8}$, $\sum_0^{45^\circ} P_{9-11}$ и $\sum_0^{22,5^\circ} P_{12 \text{ и более}}$ – суммы процентов повторяемости ветров, действующих в пределах углов скоса $\alpha = 90, 45$ и $22,5^\circ$ относительно рассчитываемого направления летной полосы.

Используя расчетную схему и выражение (1.2), получим значение коэффициентов ветровой загрузки для различных совмещенных направлений.

Пример. Совмещенное направление – $0^\circ-180^\circ$ (С-Ю).

$$k_{вз} = 77,82 + 0,58 + 0,5 \cdot 1,78 + 0,5 \cdot 1,71 + 3,47 + 0,5 \cdot 3,05 + 0,5 \cdot 2,90 + 1,60 + 0,18 = 88,37.$$

Аналогичным образом рассчитывается коэффициент ветровой загрузки для любых других совмещенных направлений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Летная полоса ориентируется по наиболее загруженному направлению, для которого коэффициент ветровой загрузки имеет наибольшее из всех полученных значений.

Наиболее выгодным с точки зрения ветровой загрузки является направление летной полосы, при котором взлеты и посадки самолетов будут обеспечены в течение наибольшего количества ветренных дней.

В отдельных случаях допустимы отклонения от наиболее загруженного направления летной полосы. Эти отклонения могут быть вызваны потребностями обеспечения свободных подходов, нормальной работы соседних аэродромов, наличием населенных пунктов по направлению предполагаемых взлетов и посадок, для которых уровень шума от двигателей взлетающих и садящихся самолетов будет выше нормы. Учет этих и ряда других факторов весьма важен при проектировании.

Расчеты, проведенные для шести областных центров Беларуси показали, что наиболее оптимальным будет расположение ВПП по направлению ЮЗ-СВ, чтобы обеспечить взлет и посадку самолетов против направления ветра, что, в свою очередь, позволит уменьшить длину ИВПП до 10-20%.

В ряде случаев не обеспечивается требуемая минимальная нагрузка аэродрома с одной летной полосой. В подобных случаях следует предусматривать две полосы: основную, сориентированную по направлению преобладающих ветров, и вспомогательную, располагаемую по отношению к главной под углом, близким к 90° .

ЛИТЕРАТУРА

1. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат. – 1987. – Вып. 7. – Ч.1-6, Вып. 7 – 303 с.
2. СНБ 3.03.03-97. Аэродромы. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1997. – 22с.
3. Глушков Г.И., Раев-Богословский Б.С. Устройство и эксплуатация аэродромов. – М.: Транспорт, 1977. – 320с.
4. Изыскания и проектирование аэродромов. Справочник. / Под ред. Г.И. Глушкова и Д.А. Могилевского. – М.: Транспорт, 1979. – 327с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИН ЛЕТНЫХ ПОЛОС АЭРОДРОМА В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

ВВЕДЕНИЕ

При разработке проектов вновь строящихся аэродромов, а также проектов реконструкции существующих одним из главных вопросов является определение длины и ширины элементов летных полос и приаэродромной территории, обеспечивающих безопасность взлета и посадки всех типов самолетов, эксплуатируемых на данном аэродроме.

В практике проектирования аэродромов в настоящее время применяется *опытно-теоретический метод определения длины взлетно-посадочной полосы (ВПП)*. По этому методу длина ВПП определяется путем умножения некоторой стандартной длины ВПП, полученной в результате испытаний самолета в так называемых стандартных условиях, на ряд поправочных коэффициентов, учитывающих различие фактических (местных) условий от стандартных.

Стандартная атмосфера, принятая в Беларуси, совпадает со стандартной атмосферой, принятой Международной организацией гражданской авиации (ИКАО), и имеет следующие характеристики [1]:

- воздух является идеально сухим газом;
- физические константы воздуха — плотность на уровне моря $\rho_0 = 1,23 \text{ кг/м}^3$;
- температура на уровне моря $T_0 = 288,15^\circ\text{K}$, или $t_0 = 15^\circ\text{C}$;
- давление воздуха на уровне моря 760 мм рт. ст.; состояние воздуха спокойное — штиль; закон падения температуры по высоте (да высоты 11 000 м над уровнем моря) $t_n = 15^\circ\text{C} - 0,0065H$, где H — высота расположения аэродрома над уровнем моря, м.

При проектировании конкретного аэродрома длина искусственной взлетно-посадочной полосы (ИВПП) и концевой полосы безопасности (КПБ) определяется каждый раз расчетом с учетом расчетных (местных) условий. Расчетными характеристиками местных условий являются: высота расположения аэродрома над уровнем моря, расчетная температура воздуха и средний уклон взлетно-посадочной полосы.

МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении исследований были использованы следующие методики [2].

1. Определение длины летной полосы для взлета самолета в стандартных условиях.

В соответствии с рекомендациями ИКАО в настоящее время при определении длины ИВПП и КПБ для безопасного взлета принят в качестве расчетного случай отказа в работе одного из двигателей самолета в процессе его разбега. Все современные отечественные пассажирские самолеты, имеющие не менее двух двигателей, способны продолжать взлет в случае отказа одного из них. Самолет при этом в большинстве случаев не летит по заданному маршруту, а производит посадку на ближайшие аэродромы или аэродром, с которого взлетел.

Таким образом, в случае отказа двигателя пилот должен принять решение продолжать взлет или прервать его. В случае продолженного взлета длина летной полосы должна обеспечивать разбег самолета и подъем его на высоту 10 м над уровнем ИВПП

с одновременным разгоном самолета до безопасной скорости взлета при отказавшем одном двигателе, т.е. должна быть равна взлетной дистанции $L_{взл}$, определяемой как расстояние, проходимое самолетом от начала разбега до набора высоты 10 м над уровнем ИВПП (рис. 1.1):

$$L_{ИВПП+КПБ}^0 - l_{ст} = L_{взл}^0 \quad (1.1)$$

или

$$L_{ИВПП+КПБ}^0 = l_{ст} + L_{взл}^0 = l_{ст} + l_{разб n}^0 + l_{разб n-1}^0 + l_{H=10}^0 \quad (1.2)$$

где $L_{ИВПП+КПБ}^0$ – суммарная длина ИВПП и КПБ в стандартных условиях, м; $l_{ст}$ – расстояние от конца ИВПП до начала разбега, равное длине участка, необходимого для выруливания самолета, м; $L_{взл}^0$ – взлетная дистанция самолета в стандартных условиях, м; $l_{разб n}^0$ – длина разбега самолета при всех работающих двигателях от точки старта до точки отказа двигателя в стандартных условиях, м; $l_{разб n-1}^0$ – длина разбега самолета при одном отказавшем двигателе от точки отказа до точки отрыва самолета в стандартных условиях; в указанную длину условно включается также длина участка, проходимого самолетом за время реакции пилота, т.е. за время с момента отказа двигателя до принятия решения на продолжение взлета, м; $l_{H=10}^0$ – воздушный участок взлетной дистанции до набора высоты 10 м в стандартных условиях, м.

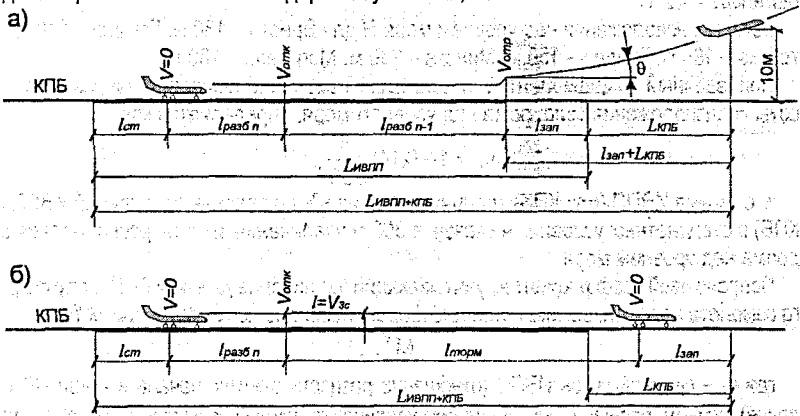


Рис. 1.1. Расчетные схемы для определения длины ИВПП: а – в случае продолженного взлета самолета; б – в случае прерванного взлета

При прерванном взлете (рис. 1.1б) длина дистанции движения самолета по летной полосе в стандартных условиях

$$L_{ИВПП+КПБ}^0 = l_{ст} + l_{разб}^0 + l_{торм}^0 + l_{зап}^0 \quad (1.3)$$

где $l_{торм}^0$ – участок торможения самолета до полной его остановки, условно включает также длину участка, проходимого самолетом за время реакции пилота ($t \leq 3$ с); $l_{зап}^0$ – необходимый запас, определяется из условия обеспечения разворота самолета на КПБ по кривой эксплуатационного радиуса, принимается равным эксплуатационному радиусу разворота самолета, м.

2. Определение длины летной полосы для взлета самолета в расчетных условиях.

Необходимая длина ИВПП в расчетных условиях вычисляется по формуле

$$L_{\text{ИВПП}} = L_{\text{ИВПП}}^0 \cdot k_t \cdot k_n \cdot k_i, \quad (1.4)$$

где $L_{\text{ИВПП}}$ и $L_{\text{ИВПП}}^0$ – длина ИВПП соответственно в расчетных и стандартных условиях, м; k_t , k_n и k_i – поправки на температуру воздуха, высоту расположения аэродрома и уклон ИВПП.

В практических расчетах длины ИВПП изменение плотности воздуха учитывается двумя поправочными коэффициентами – k_t и k_n .

Расчетное значение k_t вычисляется по формуле

$$k_t = 1 + 0,01(t_{\text{расч}} - t_n), \quad (1.5)$$

где t_n – температура, соответствующая стандартной атмосфере при расположении аэродрома на высоте H над уровнем моря, определяется по формуле $t_n = 15^\circ\text{C} - 0,0065H$, $^\circ\text{C}$; $t_{\text{расч}}$ – расчетная температура воздуха, $^\circ\text{C}$;

$$t_{\text{расч}} = 1,07t_{13} - 3^\circ, \quad (1.6)$$

где t_{13} – среднемесячная температура в 13 ч дня самого жаркого месяца в году за многолетний период наблюдений, определяется по данным наблюдений ближайшей метеостанции и составляет для Бреста, Гомеля – 23°C ; Витебска, Минска – 21°C ; Гродно, Могилева – 22°C .

Высота расположения над уровнем моря H для Бреста – 130 м, Гомеля – 140 м; Витебска – 160 м; Гродно – 150 м; Минска – 230 м; Могилева – 180 м.

Поправочный коэффициент, учитывающий изменение воздуха в зависимости от высоты H расположения аэродрома над уровнем моря, определяется как

$$k_n = 1 + 0,09 \frac{H}{300}, \quad (1.7)$$

т. е. длина ИВПП (или КПБ) увеличивается на 9% по сравнению с длиной ИВПП (или КПБ) в стандартных условиях на каждые 300 м увеличения высоты расположения аэродрома над уровнем моря.

Поправочный коэффициент k_i , учитывающий увеличение длины ИВПП в случае разбега самолета на уклон, вычисляется дифференцированно по группам самолетов:

$$\bar{M}_{x(y)}^2, \quad (1.8)$$

где $i_{\text{ср}}$ – средний уклон ИВПП (отношение разности отметок начала и конца ИВПП к ее длине), принять равным 0,005; δ – норма увеличения длины ИВПП при увеличении продольного уклона, показывающая, на сколько процентов увеличивается длина ИВПП при увеличении среднего продольного уклона полосы на 0,01. δ равно 9 для самолетов I группы, 8 – для самолетов II группы, 7 – для самолетов III группы и 5 для самолетов IV группы.

3. Определение длины летной полосы для случая посадки самолета в стандартных условиях

Длина ИВПП для посадки в стандартных условиях определяется исходя из следующих предпосылок:

– начало посадочной дистанции должно совпадать с началом ИВПП (рис. 1.2). Посадочной дистанцией называется суммарная длина горизонтальной проекции воздушного участка и пробега самолета при посадке. За начало посадочной дистанции принимается проекция точки, над которой самолет находится на высоте 15 м;

– длина ИВПП должна обеспечивать пробег самолета до его полной остановки.

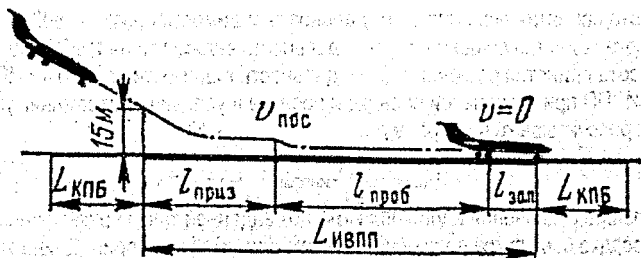


Рис. 1.2. Расчетная схема для определения длины ИВП при посадке самолета

Для практических расчетов длины ИВП используется следующая зависимость

$$L_{\text{ИВП}}^0 = 1,67 L_{\text{пос}}^0, \quad (1.9)$$

где $L_{\text{пос}}^0$ – длина посадочной дистанции самолета при стандартных условиях, которая составляет для Ил-86 – 1500 м; для Ту-154 – 1200 м; для Як-40 – 800 м.

Длина летной полосы для посадки самолетов в стандартных условиях определяется как сумма длины ИВП и двух КПБ:

$$L_{\text{лп}}^0 = L_{\text{ИВП}}^0 + 2 \cdot 20, \quad (1.10)$$

где 20 – длина концевой полосы безопасности для посадки самолетов, м, имеет искусственное покрытие.

4. Определение длины летной полосы для посадки самолета в расчетных условиях.

При посадке самолета расчетные условия (температура воздуха, высота расположения аэродрома над уровнем моря и средний уклон ИВП) учитываются с помощью двух поправочных коэффициентов

$$L_{\text{ИВП}} = L_{\text{лп}}^0 \cdot k_{\Delta} \cdot k_t, \quad (1.11)$$

где k_{Δ} – поправочный коэффициент, учитывающий одновременно влияние расчетной температуры воздуха и высоты расположения аэродрома; k_t – поправочный коэффициент на средний уклон ИВП, рассчитываемый по формуле (1.8).

Коэффициент k_{Δ} определяется по формуле

$$k_{\Delta} = \frac{1}{\Delta}, \quad (1.12)$$

где Δ – относительная плотность воздуха, рассчитываемая по формуле

$$\Delta = 0,379 \cdot \frac{p}{273 + t_{\text{расч}}}, \quad (1.13)$$

где $t_{\text{расч}}$ – расчетная температура воздуха, °С; p – расчетное давление воздуха определяется в зависимости от высоты расположения аэродрома над уровнем моря H по шкале стандартной атмосферы, т. е.

$$p = p_0 \cdot \left(1 - \frac{H}{44300}\right)^{5,256}, \quad (1.14)$$

где p_0 – давление воздуха на уровне моря – 760 мм рт. ст.;

В зависимости от оборудования аэродрома комплексом средств для автоматического захода самолетов на посадку устанавливаются **три категории метеоминимумов**:

I – высота принятия решения 60 м, дальность видимости на ИВПП 800 м;
 II – высота принятия решения 60-30 м, дальность видимости на ИВПП 800-400 м;
 III – высота принятия решения < 30 м, дальность видимости на ИВПП < 400 м.
 Длина ИВПП при визуальной посадке и посадке в условиях метеоминимумов II и III категорий рассчитывается по формуле

$$L_{\text{ИВПП(III)}} = L_{\text{ИВПП(II)}} = L_{\text{д.г.}}^0 \cdot \frac{k_1}{\Delta} \quad (1.15)$$

Наибольшие отклонения вдоль оси ИВПП от заданной точки приземления имеют место при посадке самолетов в условиях метеоминимума I категории. Длина ИВПП, обеспечивающая безопасность посадки самолета в условиях метеоминимума I категории, принимается наибольшей из двух величин:

$$L_{\text{ИВПП}} = 1,15L_{\text{ИВПП(II)}} \text{ или } L_{\text{ИВПП}} = L_{\text{ИВПП(II)}} + 300 \quad (1.16)$$

5. Оценка влияния метеорологических факторов и условий эксплуатации на длину летной полосы.

Влияние встречного ветра на длину ИВПП может быть учтено с помощью поправочного коэффициента

$$k_w = \frac{V_{\text{отр}}^2}{(V_{\text{отр}} + \omega \cdot \cos \alpha)^2} < 1, \quad (1.17)$$

$$V_{\text{отр}} = \frac{V_{\text{отр}}^0}{\sqrt{\Delta}}, \quad (1.18)$$

где $V_{\text{отр}}$ – необходимая скорость отрыва самолета при существующем состоянии атмосферы, м/с; $V_{\text{отр}}^0$ – скорость отрыва при стандартных условиях, м/с; Δ – относительная плотность воздуха, кг/м³; ω – скорость встречного ветра, м/с; α – угол, составляемый направлением ветра и взлета самолета, градусы.

С учетом встречного ветра необходимая длина ИВПП ориентировочно равна

$$L_{\text{ИВПП}}^* = L_{\text{ИВПП}}^{\phi} \cdot k_w, \quad (1.19)$$

где $L_{\text{ИВПП}}^{\phi}$ – длина ИВПП, м, с учетом фактических значений температуры и давления воздуха.

Влияние прочности грунта летной полосы на длину ГВПП может быть учтено с помощью поправочного коэффициента k_f

$$L_{\text{ГВПП}} = L_{\text{ИВПП}}^* \cdot k_f, \quad (1.20)$$

где $L_{\text{ГВПП}}$ – длина ГВПП для расчетных местных условий расположения аэродрома, м; $L_{\text{ИВПП}}^*$ – длина ИВПП, м; k_f – поправочный коэффициент, учитывающий прочность грунтовой поверхности и $k_f=1,2$ для взлета и $k_f=1,1$ для посадки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практические расчеты с использованием приведенных методик показали, что:

– в стандартных условиях длина ИВПП для взлета составила: 2534 м – для Ил-86, 2025 м – для Ту-154 и 1340 м – для Як-40. Для посадки эти значения получены следующими – 2545, 2044 и 1336 м соответственно;

– в расчетных условиях длина ИВПП для взлета первой группы самолетов (Ил-86) колеблется от 3260 м для Бреста до 3320 для Минска, для второй группы (Ту-154) – от 2580 до 2630 м и для третьей (Як-40) – от 1700 до 1750 м. Длина ИВПП для посадки в среднем на 3-5% менее приведенных значений для взлета;

– учет влияния метеорологических факторов и условий эксплуатации на длину летной полосы позволил получить следующие значения: 2930-2960 м – для самолетов первой группы; 2320-2340 м – второй и 1535-1550 м – третьей группы.

Для условий Беларуси длина взлетно-посадочных полос отличается от стандартной в большую сторону примерно на 20-30% и зависит от высоты расположения аэродрома над уровнем моря, расчетной температуры воздуха и среднего уклона взлетно-посадочной полосы.

Анализируя все полученные результаты, можно рекомендовать следующие длины ИВП:

- для самолетов I группы (Ил-86) – 3300 м;
- для самолетов II группы (Ту-154) – 2700 м;
- для самолетов III группы (Як-40) – 1800 м.

Полученные расчетом длины ГВП 1300-2600 м позволят без проблем принимать аэродромам всех классов самолеты IV группы и позволять совершать вынужденную посадку самолетам I-III групп.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 3.03.03-97. Аэродромы. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1997. – 22 с.
2. Изыскания и проектирование аэродромов. Справочник. / Под ред. Г.И. Глушкова и Д.А. Могилевского. – М.: Транспорт, 1979. – 327 с.

УДК 69.058.3:528.482

Фолитар Р.Г.

Научный руководитель: доц. Зеленский А.М.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ИСПЫТАНИИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА «ВИКТОРИЯ» В Г. БРЕСТЕ

Спортивный комплекс «Виктория» расположен между ул. Ленинградская и ул. Янки Купалы в г. Бресте, его площадь более 5 тыс.м². Комбинированное покрытие главной спортивной арены запроектировано в виде квадратной структурной плиты, ломаной по диагонали и соединённой в коньке. Соединение обеспечивает скат в 15° по направлению к ул. Ленинградская и ул. Янки Купалы. Покрытие поддерживается в средней части двумя металлическими арками (рис.1), параллельными ул. Ленинградская и ул. Янки Купалы. Пролёт арок 80,6 м, расстояние между ними 11,2м.

В задачу геодезических измерений входило определение горизонтальных и вертикальных деформаций при испытании арок (т.е до нагрузки, с частичной и полной нагрузкой).

Для испытания арок (до их монтажа) к ним были прикреплены визирные цели-марки.

Марки выполнялись на ламинированном картоне с белым фоном. Они могут крепиться в точках наблюдений при помощи клея (например, силикона, который крепит марки одинаково прочно, как к металлическим конструкциям, так и к бетонным). В центре марки наносится визирная цель в виде креста (рис.2). Там же подписывается номер марки.

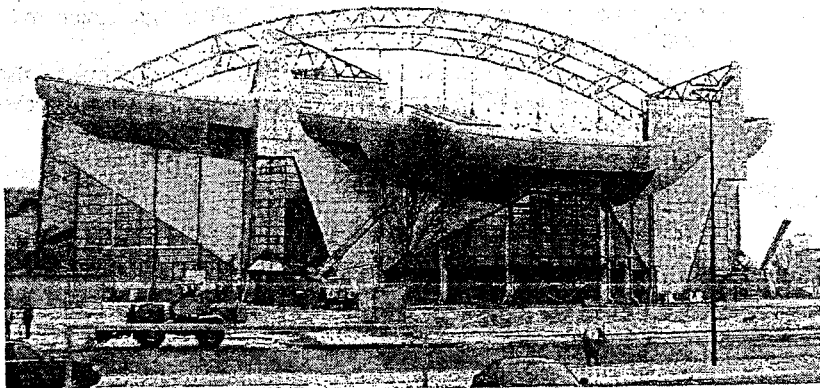


Рис.1. Фасад здания спортивного комплекса (вид с ул. Ленинградская)

Толщина штрихов визирной цели рассчитывалась из условия, что её изображение покрывает 1/3 часть биссектора сетки нитей [3] по формуле

$$b = \frac{u'' \cdot l_{\text{мм}}}{3\rho''} \quad (1)$$

где u'' -угловая величина биссектора сетки нитей;

$l_{\text{мм}}$ - среднее расстояние от прибора до визирной цели;

$\rho'' = 206265$ - радиан в секундах.

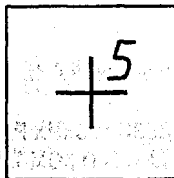


Рис.2 Марка

Две станции наблюдений (далее станции) расположены примерно перпендикулярно аркам со стороны ул. Ленинградская и ул. Янки Купалы в устойчивых местах вне зоны предполагаемых земляных работ и деформаций грунтов на расстоянии примерно 100 метров от наблюдаемых точек, в стороне от проездов, на участках, где в течение всего срока наблюдений возможен свободный доступ к инструментам и к станции. В отдельных случаях допускается установка опорных станций на крышах устойчивых сооружений. При выборе станции учитывались и возможные горизонтальные и вертикальные рефракции, поэтому визирный луч не должен проходить ближе 0,8м над препятствиями или сбоку от них.

Каждая станция выполнена из трубы 1 (рис.3) диаметром около 150 мм. К верхней части приварена пластина 2 размером 150X150 мм. К пластине приварен металлический штырь с резьбой для принудительного центрирования инструмента. Изготовленная таким образом труба должна возвышаться над площадкой наблюдения на 135-145 см, заглублена на 80-100см в грунт и забетонирована. Наблюдения выполнялись спустя 7-10 дней после закладки станций наблюдений.

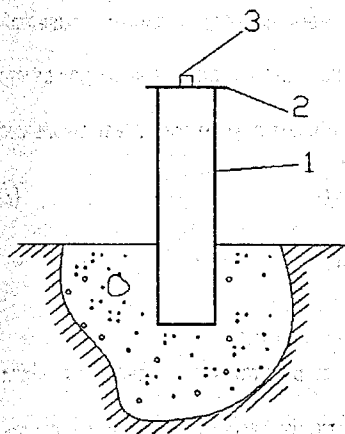


Рис.3 Станция наблюдения.

В качестве инструмента нами предложен электронный тахеометр ЗТа5Р, который помимо основного назначения - выполнение крупномасштабных топографических съёмок, создания плано-высотного обоснования, измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов может использоваться при решении таких задач, как определение горизонтальных и вертикальных деформаций металлоконструкций при их испытании и определении многих других деформаций зданий и сооружений.

Известно [1,2,3], что основными методами определения вертикальных смещений явля-

ется высокоточное геометрическое нивелирование, а горизонтальных - метод створных наблюдений.

Применение этих классических методов измерения деформаций не всегда возможно в недоступных местах (на застроенной территории или при расположении наблюдаемых точек на высоте более 5 метров от поверхности земли).

Для таких случаев нами предложен и испытан на практике метод измерения горизонтальных и вертикальных углов, а также горизонтальных проложений до наблюдаемых точек с использованием тахеометра ЗТа5Р.

Метод позволяет с одной станции вести наблюдения одновременно за горизонтальными и вертикальными перемещениями множества точек-марок (в нашем случае около пятидесяти).

Перед началом наблюдений измерялись все горизонтальные расстояния от станции до марок, а в отдельных случаях между марками. В связи с тем, что на измеренные светодальномером расстояния серьезное влияние оказывают атмосферное давление и температура воздуха, то их значения обязательно учитывались по показаниям термометра и барометра, входящих в комплект прибора. При перепаде высот между станцией и марками более 10 метров, метеоданные измерялись как на станции, так и вблизи закрепленных марок. В тахеометр вводились средние значения метеоданных. При измерении расстояний достаточно использование двух призмённых отражателей, которые временно удерживались на марках. Следует подчеркнуть, что расстояния измерялись один раз перед началом угловых измерений. Они являются постоянными величинами для всех последующих циклов наблюдений. Перед началом измерения углов выбирались и закреплялись 1-2 контрольные точки (марки) в месте, не связанном с обследуемым объектом. Горизонтальные и вертикальные углы измерялись одновременно. При наведении зрительной трубы на одну из контрольных марок отсчёт по горизонтальному кругу обнулялся. Здесь стоит особо отметить, что все измерение горизонтальных и вертикальных углов в первом и последующих циклах наблюдений производились на одни и те же марки и с одной станции. Результаты горизонтальных и вертикальных углов, на точность измерения которых, в свою очередь, сильное воздействие оказывают явления боковой и вертикальной рефракции [4]; поэтому для уменьшения влияния рефракции соблюдалось следующие:

- Наблюдения выполнялись утром с 10 до 12 часов и вечером с 14 до 18 часов.

- Не производились работы при сильном порывистом ветре и сильных скачкообразных колебаниях температуры.

В основу измерения вертикальных перемещений положен метод тригонометрического нивелирования (рис.4).

Формула тригонометрического нивелирования в общем случае, когда вертикальные углы не свободны от влияния рефракции, имеет вид

$$h = d \operatorname{tg} v + i - l + p + r + t, \quad (2)$$

- где h -превышение между станцией и маркой;
- d -горизонтальное расстояние от станции до марки;
- v -измеренный вертикальный угол;
- i -высота инструмента;
- l -высота визирной цели (марки);
- p -поправка за кривизну Земли, которая зависит от расстояния d и значения вертикального угла v ;
- r -поправка за вертикальную рефракцию, которая так же зависит от значений расстояния d и вертикального угла v ;
- t - поправка за разность высот между станцией и маркой.

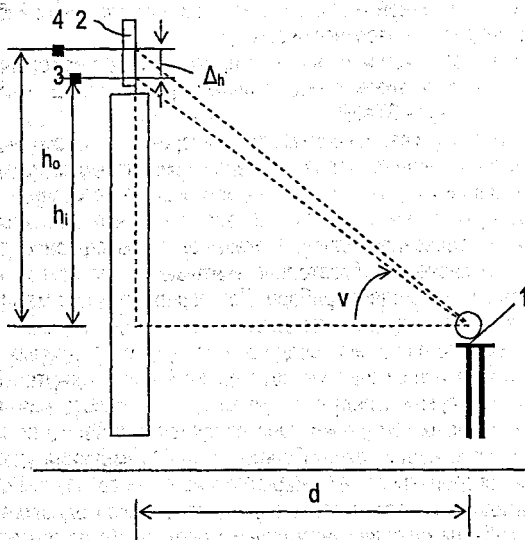


Рис.4 Схема определения вертикальных деформаций.

1.-Тахеометр электронный ЗТа5Р; 2,3.-Положения марок на начало измерений и на момент испытаний; 4.-Элемент конструкции.

Вертикальные смещения марок Δh_i вычисляются как разность превышений, измеренных в начальном (исходном) цикле наблюдений h_0 и последующих h_i (где $i=1,2,3,\dots,n$) циклах, т.е.

$$\Delta h_i = h_i - h_0. \quad (3)$$

Достоинством метода является то, что измерения выполняются в одинаковых условиях измеряемых величин во всех циклах, т.е. при равных значениях d, i, l, p, t . При таких условиях формула (3) с учётом (2) примет вид:

$$\Delta h_i = d \operatorname{tg}(\Delta v_i), \quad (4)$$

где $\Delta v_i = v_i - v_0$;

v_0 - значение вертикального угла в исходном цикле наблюдений;

v_i - значение вертикального угла в последующих циклах.

Практически разности Δv_i невелики и не превышают нескольких минут, поэтому формулу (4) можно записать в виде

$$\Delta h_i = d \cdot \frac{\Delta v_i}{\rho''}, \quad (5)$$

В основу измерения горизонтальных перемещений положен метод измерения горизонтальных углов β_0 в начальном и последующих циклах наблюдений β_i (рис.5).

Тогда при заранее измеренном горизонтальном расстоянии d от тахеометра до марки смещение можно определить по формуле:

$$\Delta l = d \cdot \frac{\Delta \beta}{\rho''}, \quad (6)$$

где $\Delta \beta = \beta_i - \beta_0$ (β_i и β_0 - значение горизонтальных углов в исходном и последующем циклах).

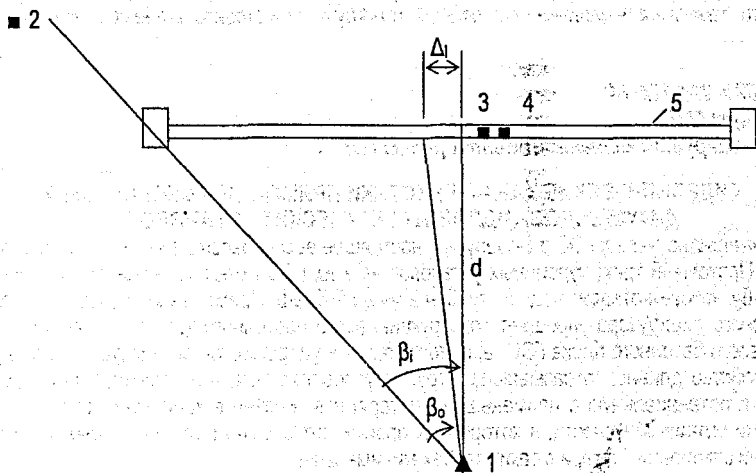


Рис.5. Схема к определению горизонтальных деформаций сооружения.

1-Тахеометр электронный ЗТa5P;

2-Неподвижная марка (ориентирный опорный пункт);

3, 4-Положения марок на начало измерений и на момент испытаний;

5.-Элемент конструкции.

Анализируя формулы (5) и (6), можно сделать выводы что точность определения вертикальных m_h и горизонтальных m_l смещений зависит только от погрешности измерения вертикальных m_v и горизонтальных m_β углов и может быть выражена формулами:

$$m_h = \pm \sqrt{2} \cdot d \cdot \frac{m_v}{\rho}, \quad (7)$$

$$m_i = \pm 2 \cdot d \frac{m_p}{\rho^n} \quad (8)$$

где: m_p и m_v - средние квадратические погрешности измерения горизонтальных и вертикальных углов (для тахеометра ЗТА5Р. они составляют не более $m_p \leq 5''$, $m_v \leq 7''$).

Теоретические исследования и опыт наблюдений за деформациями металлоконструкций с использованием электронного тахеометра позволяют сделать следующие выводы.

- В предлагаемом методе все измеряемые величины (расстояния, высоты инструмента, высоты наведения и т.д.) во всех циклах находятся в одинаковых условиях и нарушение этих условий может возникнуть только при деформации конструкции;
- учитывая, что тахеометр позволяет измерять углы со средней квадратической погрешностью не более $m_v \leq \pm 7''$ -вертикальных и $m_p \leq \pm 5''$ -горизонтальных [5], метод позволяет получить достоверные данные о деформациях конструкций. При этом для повышения точности определения смещений следует увеличить количество приёмов измерения углов;
- на точность определения деформаций влияют только погрешности измерения углов. Остальные факторы исключаются самой методикой наблюдений;
- метод может быть рекомендован для исследования деформаций строящихся зданий и сооружений в случае невозможности применения метода геометрического нивелирования, т.е. в сложных стеснённых условиях, когда территория объекта загромождена строительными материалами, техникой и строительным мусором;
- метод позволяет проводить поэтапное определение вертикальных деформаций и устанавливать зависимость величин деформаций от нагрузки при строительстве сооружений.

УДК 621. 224-225.14

Громько О.В.

Научный руководитель: доцент Громик Н.В.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЯМОСНЫХ КОНИЧЕСКИХ ДИФFUЗОРОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Строительство малых ГЭС в Беларуси в настоящее время рассматривается как перспективное. Проточный тракт турбинных установок на этих ГЭС имеет коническую отсасывающую трубу, которая отводит воду от турбин в нижний бьеф. Применение в качестве отвода прямоосного диффузора упрощает конструкцию всего проточного тракта, но увеличивает высоту всего бетонного блока ГЭС, а, следовательно, удорожается стоимость строительства. Устройство длинных отсасывающих труб обусловлено тем, что переход кинетической энергии в потенциальную с наименьшими потерями возможен в конических трубах с небольшими углами конусности, в которых не происходит отрыва потока от стенок и эпюра скоростей стабильна. Потери в таких трубах минимальны.

Прямоосные конические диффузоры применяются в качестве отсасывающих труб реактивных турбин при строительстве малых ГЭС (Рис.1,а), а также при строительстве крупных насосных станций с осевыми насосами с низкими напорам, при этом диффузор устанавливается на выходе из насоса в сочетании с отводящей камерой (Рис.1,б). Такая компоновка позволяет отказаться от напорного трубопровода и водовыпуска, что снижает затраты при строительстве [1].

В обоих случаях поток из диффузора выходит в камеру, которая имеет соответствующие размеры, существенно влияющие на гидравлические характеристики всего проточного тракта и особенно диффузора. В значительной степени на коэффициент гидравлического трения (ξ) влияет дно или потолок камеры, а точнее расстояния между выходным сечением диффузора и экраном – дном или потолком камеры.

Исследованиям диффузоров посвящено большое количество работ. Однако не все вопросы изучены полностью. В значительной степени не изучен вопрос выхода потока из диффузора в открытое пространство.

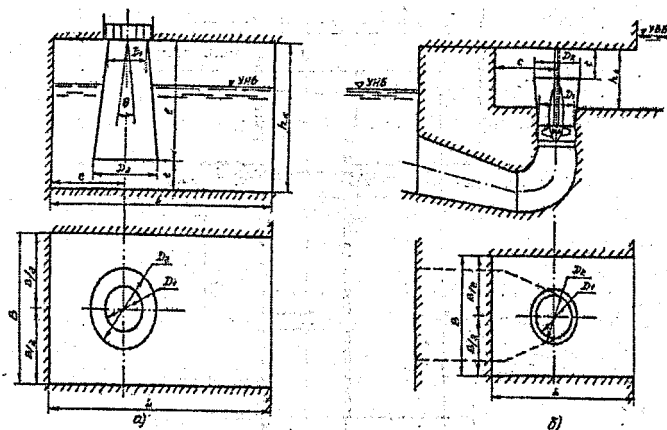


Рис. 1. Схемы установки и основные размеры прямоосных конических диффузоров: а – отсасывающая труба; б – камерный отвод осевого насоса.

Для получения опытных данных по обозначенным вопросам проводились исследования.

Основным элементом исследований являлся круглоцилиндрический диффузор, установленный на выходе из трубы. Он помещен в камеру нижнего бьефа, в которой располагался экран. Экран мог устанавливаться на различных расстояниях (l) от выходного сечения диффузора. Конструктивная часть исследуемого проточного тракта представлена на рисунке 2. Была исследована модель диффузора со следующими параметрами: $D_1=100$ мм, $\theta=8^\circ$, $L/D_1=1,5$, $D_2/D_1=1,705$, $F_2/F_1=1,45$. Модель диффузора выполнена с учетом опыта экспериментальных исследований для диффузоров гидроэнергетических установок. Характеристики потока измерялись в двух сечениях: на входе (сечение 1-1) и на выходе (2-2) диффузора.

В сечении 1-1 замеры проводились с помощью гидродинамической трубки с тремя отверстиями. Рассматриваемое сечение состояло из 12 равновеликих по площади колец. Мерные точки располагались на окружностях, радиусы которых определялись по формуле

$$r_i = R \sqrt{\frac{Ri-1}{2N}}, \quad (1)$$

где i – порядковый номер кольца от оси; N – число колец.

Для каждой точки подсчитывались полная энергия (E), давление (P), скорость потока (v).

Средневзвешенные по площади значения скоростей, давлений и энергий в сечении 1-1 подсчитывались по формуле

$$A_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^N A_i / N, \quad (2)$$

где A – рассматриваемая характеристика потока.

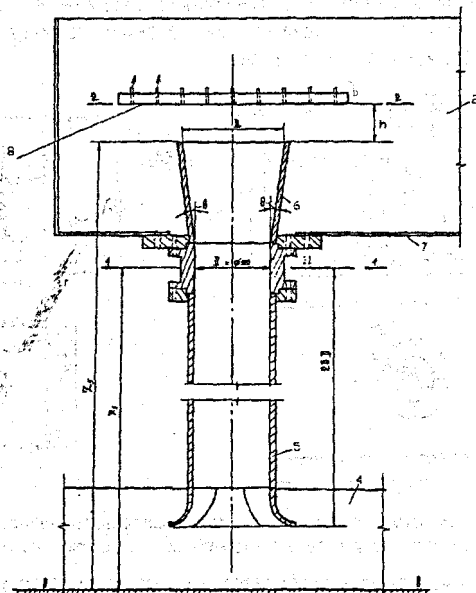


Рис. 2. Схема подвода и отвода потока от исследуемой модели:
 4 – успокоительный бак (см. рис.2); 5 – труба из органического стекла; 6 – исследуемая модель диффузора; 7 – бак нижнего бьефа; 8 – экран; 11 – калиброванное кольцо.

Угол закрутки потока определялся как

$$\alpha = \arctg (v_w/v_z), \quad (3)$$

где v_w и v_z – окружная и осевая составляющие полной скорости.

Коэффициент Кориолиса на входе в диффузор для осевого потока

$$K_1 = \sum_1^n v_{z11}^3 / N \cdot v_{z1cp}^3, \quad (4)$$

Для закрученного

$$K_{13} = \sum_1^n v_{z11} \cdot v_w^2 / N \cdot v_{z1cp}^3, \quad (5)$$

где v – полная скорость потока.

Полный напор в сечении 2-2 измерен с помощью трубок Пито, вмонтированных в экран и выведенных на пьезометрический щит. Показания пьезометров и картина истечения струи из диффузора фотографировались. Для этого в баке 7 фронтальная стенка была оборудована смотровым окном. Параметры струи определялись по масштабной линейке, помещенной в струю. Масштаб линейки переводился на параметры струи. Измерялась высота струи $h_{стр}$ в 1-ом сечении и скорость

$$v_1 = \sqrt{2gh_{стр}}, \quad (6)$$

Потери энергии определялись по формуле

$$\Delta E = E_1 - E_2 = E_1 - (K_1 (v_{z1cp} / 2g) + h), \quad (7)$$

Коэффициент гидравлического сопротивления – по формуле:

$$\xi = \Delta E \cdot 2g / v^2 z_{1cp}, \quad (8)$$

Была проведена серия экспериментов.

1. Определялись гидравлические потери при выходе потока в атмосферу при различных числах (Re). Визуальное наблюдение за струей и ее фотографирование с помещенной рядом масштабной линейкой.

2. Влияние на гидравлические потери в диффузоре круглого плоского экрана при выходе потока в атмосферу и под уровень при различных числах (Re).

3. Затопленный выход из диффузора без экрана.

4. Выход закрученного потока $\varphi = 30^\circ$ на экран в атмосферу и под уровень.

Экран, установленный на выходе из диффузора на определенном расстоянии (t), заставляет поток изменить направление движения в радиальном направлении в результате чего повышается давление во «внешней» части потока, т.е. на оси диффузора и понижение давления во «внутренней» его части – у стенок диффузора. Наличие неравномерного давления приводит к переформированию профиля скоростей в диффузоре, т.е. их выравниванию, и ослабевает развитие отрывных явлений. Эти изменения потока приводят к уменьшению коэффициента гидравлического сопротивления.

Эксперименты подтвердили, что влияние экрана выравнивает профили скоростей в диффузоре. Это видно по изменению коэффициента Кориолиса в выходном сечении. При истечении без экрана значение (K_2) составляло 1,15, а с экраном – 1,026.

Расположение экрана от выходного сечения имеет оптимальное значение при котором снижение коэффициента гидравлического сопротивления максимальное.

Результаты исследований влияния (t) на (ξ) показывают, что с увеличением расстояния от выходного сечения диффузора от экрана значение (ξ) уменьшается и, начиная с некоторого значения t/D_1 несколько возрастает или меняется незначительно. Для диффузора с углом раскрытия $\theta = 80^\circ$ оптимальное значение лежит в пределах от 0,7 до 0,9.

В случае истечения на затопленный экран значения коэффициента потерь уменьшаются в связи с тем, что подтопление способствует некоторому выравниванию профиля скоростей по сечениям диффузора.

Подтопление диффузора незначительно влияет на абсолютное значение (ξ) диффузора.

Изменение значений (Re) от $0,8 \times 10^5$ до 4×10^5 приводит к заметному изменению режима течения в диффузоре, выходное сечение которого подперто экраном.

Характер кривых $\xi = f(Re)$ свидетельствует о том, что изменение скоростей течения в диффузоре приводит к существенному изменению отрывных явлений и изменению влияния подпора на распределение скоростей в сечениях диффузора. Однако при значениях $Re > 2,5 \times 10^5$, характерных для отсасывающих труб гидротурбин и конических водовыпусков осевых насосов, значения (ξ) от (Re) не зависят и определяются геометрическими параметрами водовыпускного сооружения.

Некоторая умеренная закрутка потока во входном сечении диффузора приводит к переформированию структуры течения, за счет этого значения коэффициента Кориолиса снижаются, что подтверждено экспериментально.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При выходе потока из сети, заканчивающегося диффузором, на плоский экран значения гидравлических потерь зависят от расстояния между экраном и выходным сечением диффузора. Существует оптимальное расстояние, при котором значения коэффи-

циента гидравлического сопротивления и коэффициента Кориолиса в диффузорах ниже, чем при отсутствии экрана.

2. При истечении из диффузора на экран в атмосферу оптимальное расстояние для полного угла раскрытия диффузора θ^0 составляет 0,7 – 0,9 (в долях от входного диаметра диффузора). Подтопление истечения снижает коэффициент гидравлического сопротивления в 1,3 – 1,5 раза. Значения оптимального расстояния практически не изменяются.

3. При выходе потока на экран изменение чисел Рейнолдса приводит к изменению режима течения в диффузоре. Существует значение числа Рейнолдса, при котором коэффициент минимален.

4. Закрутка потока в выходном сечении диффузора приводит к незначительному снижению коэффициента сопротивления диффузора подпертого экраном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карелин В.Я., Громик Н.В., Волшаник В.В. Гидравлические характеристики прямоосных конических диффузоров гидроэнергетических установок. «Гидроэнергетическое строительство», 1987, №3, С.31-35.

2. Идельчик И.Е., Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1975, 560с.

3. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – М., 1982, 224с.

4. Волшаник В.В., Казеннов В.В. Уточненные зависимости для расчета потерь энергии осевого потока жидкости в прямоосных конических диффузорах. – В кн.: Сооружения, оборудование и режим работы ГЭС, ГАЭС и насосных станций. – М.: МИСИ, 1975, С.58-67.

5. Волшаник В.В., Казеннов В.В. Экспериментальное исследование характеристик закрученного потока жидкости в прямоосном коническом диффузоре. – В кн.: Вопросы гидравлики. – М.: МИСИ, 1974.

6. Ханжонков В.Н. Улучшение эффективности диффузоров с большими углами раскрытия при помощи плоских экранов. – Промышленная аэродинамика, 1947, №3

7. Богдановский В.И. Исследование форм подводов и отводов осевых насосов. – В кн.: Расчет и исследование насосов. – Л.: 1958.

8. Волшаник В.В. Расчет потерь энергии закрученных потоков жидкости в прямоосных конических диффузорах. – В кн.: Гидравлика гидротехнических сооружений и гидроэнергетических установок. – М.: МИСИ, 1983, С.157-174.

УДК 624.155.001.24

Дёмин В.В., Восинский И.О.

Научные руководители: асс. Дёмина Г.П., проф., к.т.н. Шведовский П.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИЙ ФУНДАМЕНТОВ СВАЙНОГО ТИПА

Составление ряда предпочтительности и выбор проектного варианта по типу фундамента можно решать на любом уровне: очень осторожном, среднечисленном, рисковом и с использованием самых современных математических методов (вероятностных, «статистических», игровых, смешанных, стратегических). Однако полная реализация данной логической схемы требует применения мощных ЭВМ в диалоговом режиме. В настоящее время, очевидно, пока целесообразнее при выборе ресурсосберегающих решений в области фундаментостроения реализация на ЭВМ блока задач методами, предложенными в работе [1].

Выбор решения реализуем по следующим этапам:

- определяется исходная матрица решений с последующей ее нормализацией;
- по величинам значимости показателей эффективности (q_i) составляется матрица эффективности (F);
- определяются множества согласия и несогласия по каждой паре вариантов ($H_{ке}$);
- определяются индексы согласия ($C_{ке}$) и несогласия ($d_{ек}$), отражающие предпочтительность одного варианта перед другим, из которых формируются соответствующая матрицы;
- осуществляется построение доминирующих матриц согласия (D_c) и несогласия (D_n);
- определяется агрегированная матрица доминирования (D_a);
- удаляются менее предпочтительные варианты как по критерию согласия, так и по критерию несогласия.

Данные по сравниваемым вариантам фундаментов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Исходные данные для выбора варианта технического решения

Вариант	Тип фундамента	Показатели эффективности на 1 м фундамента			
		трудо-затраты, чел.-дн.	приведенные затраты, руб.	Расход	
				бетона, м ³	стали, кг
a ₁	Свайный из свай таврового сечения	1,09	48,2	0,495	35,9
a ₂	Свайный из забивных железобетонных призматических свай	1,18	43,51	0,552	43,8
a ₃	В выштампованной скважине	0,38	27,63	0,71	16,1
a ₄	В вытрамбованном котловане	0,44	25,09	0,47	15,0
a ₅	Микросвайный в выштампованной скважине	0,40	18,73	0,36	13,0
a ₆	Из буронабивных свай	0,67	23,65	0,33	17,9

Значимость показателей в соответствии с проведенным анализом принимаем равной: $q_1 = 0,406$; $q_2 = 0,303$; $q_3 = 0,081$; $q_4 = 0,210$.

Составляя исходную матрицу принятия технических решений, имеющую вид:

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1,09 & 48,2 & 0,495 & 35,9 \\ 1,18 & 43,51 & 0,552 & 43,8 \\ 0,38 & 27,63 & 0,71 & 16,1 \\ 0,44 & 25,09 & 0,47 & 15,0 \\ 0,40 & 18,73 & 0,36 & 13,0 \\ 0,67 & 23,65 & 0,33 & 17,9 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

и выполняя нормализацию исходной матрицы (P), используя зависимость типа:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = 1, \bar{m}; j = 1, \bar{n}, \quad (2)$$

строим агрегированную матрицу доминирования (D_a):

$$D_a = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & - & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & - & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & - & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & - & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & - \end{bmatrix} \quad (3)$$

Удаляя менее предпочтительные варианты, в качестве которых должны быть приняты доминируемые варианты (столбы, в которых имеются единицы), можно сделать вывод, что недоминируемыми являются 4-й и 5-й варианты, т.е. фундамент в вытрамбованном котловане и микровайный фундамент в выштампованной скважине.

Однако при этом не менее существенен и вопрос упорядочения (расположения) вариантов технических решений по предпочтительности. Для этого необходимо проверить все перестановки вариантов по предпочтительности и сравнить между собой.

Матрицу принятия решения можно представить в виде:

$$P = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

Так как нам необходимо предлагаемые варианты «наилучшим» образом согласовать с системой ценностей, то очевидно, что если в упорядочении вариантов присутствует частичный порядок $a_k > a_e$, то факт $x_{kj} \geq x_{ej}$ оценивается при помощи q_j , а факт $x_{kn} < x_{en}$ — при помощи q_n .

Отсюда оценка упорядочения вариантов $\beta_q (q=1, 2, \dots, m!)$ должна определяться по зависимости:

$$\beta_q = \sum_{k,e=1}^m \sum_{j \in C_{ka}} q_j - \sum_{k,e=1}^m \sum_{j \in H_{ke}} q_j, \quad q=1, 2, \dots, m! \quad (5)$$

где

$$\begin{matrix} C_{ka} = \{j / X_{kj} > X_{ej}\}, k, e=1, \bar{m}, k \neq e; \\ H_{ka} = \{j / X_{kj} < X_{ej}\}, k, e=1, \bar{m}, k \neq e; \end{matrix} \quad (6)$$

а наиболее согласованным (наилучшим) упорядочением будет являться m_0 , для которого величина β_{q_0} — наибольшая. При этом надо иметь в виду, что наиболее согласованное упорядочение тождественно ряду предпочтительности вариантов.

Исходные данные для определения ряда предпочтительности вариантов технических решений представлены в табл. 2.

Таблица 2. Значение кардинальных и ординальных показателей эффективности технических решений по фундаментам

Показатель эффективности	Индекс показателя	Варианты фундамента			Значимость показателей
		в вытрамбованном котловане	микросвайный в выштампованной скважине	из буронабивных свай	
Трудозатраты, чел.-дн.	X ₁	0,44	0,40	0,67	0,18
Расход бетона, м ³	X ₂	0,47	0,36	0,33	0,12
Расход стали, кг	X ₃	15,0	13,0	17,9	0,11
Относительные энергетические затраты	X ₄	0,76	0,92	0,71	0,10
Себестоимость, руб.	X ₅	23,62	17,85	21,08	0,09
Приведенные затраты, руб.	X ₆	25,09	18,73	23,65	0,07
Капиталовложения в строительную базу, руб.	X ₇	11,28	7,37	8,26	0,06
Суммарный конструктивный показатель, кН/руб.	X ₈	26,8	37,2	19,6	0,05
Степень сборности	X ₉	I	III	II	0,015
Степень сложности технологических процессов	X ₁₀	I	III	II	0,015
Уровень качества	X ₁₁	III	I <	II	0,015
Уровень использования транспортных и специальных средств	X ₁₂	I	III	II	0,015
Объем земляных работ	X ₁₃	I	II	III	0,015
Влияние погодных условий	X ₁₄	II	III	I	0,015
Степень механизации	X ₁₅	I	III	II	0,015
Потребность в рабочей силе	X ₁₆	I	II	III	0,015
Надежность в эксплуатации	X ₁₇	II	III	I	0,015
Условия труда на строительной площадке	X ₁₈	I	III	II	0,015
Потребность в высококвалифицированных рабочих	X ₁₉	I	II	III	0,015
Поточность	X ₂₀	I	II	III	0,015
Степень унификации	X ₂₁	I	III	II	0,015
Характер трудозатрат на строительной площадке	X ₂₂	I	II	III	0,015
Потребность в дефицитных материалах	X ₂₃	I	II	III	0,015

Анализ предпочтительности вариантов по кардинальным показателям и величинам критерия средневзвешенного успеха принимаемого решения позволяют расположить варианты по предпочтительности следующим образом: $V_1 > V_2 > V_3$.

Не менее существенен и вопрос направленного улучшения выбранных (или всех конкурентоспособных) вариантов технических решений, которое базируется на об-

щей функции полезности, учитывающей как независимость по предпочтительности (НПР), так и независимость по полезности (НПО).

Проверка выполнения условий НПР и НПО была проведена для всех шести пар переменных: $x_1, x_2; x_1, x_3; x_1, x_4; x_2, x_3; x_2, x_4; x_3, x_4$.

Общая функция полезности рассматривалась в мультипликативной форме вида:

$$u(x_i) = \frac{1}{k} \prod_{i=1}^4 [1 + k_i \cdot k \cdot u_i(x_i)] - 1, \quad \sum_{i=1}^4 k_i \neq 1. \quad (7)$$

Отыскание средних значений условной функции полезности по факторам позволило графическим методом найти все промежуточные значения с последующим вычислением расчетных коэффициентов k и k_i , и установлением выражения общей функции полезности $u(x_i)$ -

$$k_1 = 0,58; k_2 = 0,46; k_3 = 0,43; k_4 = 0,82; k = 0,69.$$

$$u(x_1, x_2, x_3, x_4) = (-0,88)[1 + (-0,3x_1^2 + 0,96x_2 - 1,01)]x[1 + (0,41x_2^2 - 0,66x_2 - 0,82)]$$

$$[1 + (-0,22x_3^2 + 0,96x_3 - 1,2)]x[1 + (-0,42x_4 + 1,8)] + 0,88. \quad (8)$$

Используя ее, определены локальные значения общей функции полезности по каждому технологическому варианту: $V_1 = 0,771; V_2 = 0,695; V_3 = 0,973; V_5 = 0,976; V_4 = 0,842$.

Анализ величин V_i показывает, что лучшими технологическими вариантами являются варианты V_3 и V_5 .

На основании приведенных обоснований можно сделать вывод, что оптимальное техническое решение должно быть комплексным и базироваться на комбинации буронабивных фундаментов в вытрамбованных котлованах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дёмин В.В., Восинский И.О. Особенности оптимизации и выбора технических решений в области фундаментостроения. Сборник конкурсных работ студентов и магистров. БГТУ.-Брест, 2007.

Дёмин В.В., Восинский И.О.

Научные руководители: асс. Дёмина Г.П., проф., к.т.н. Шведовский П.В.

ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ И ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИИ

Выбор оптимальных конструктивных (КР) и организационно-технологических решений (ОТР) в фундаментостроении представляет собой сложную техническую проблему, требующую реализации принципов, как комплексности, так и системности подходов. При этом комплексный подход требует учета всех прямых и косвенных факторов, влияющих на решение проблемы, а системный – выбора решения в наибольшей степени соответствующего поставленным целям [1, 2, 4].

Наиболее целесообразно при оценке КР и ОТР [5,6], использование многофакторного моделирования, с помощью которого можно исследовать, оценивать и прогнозировать:

- взаимосвязи процессов разработки указанных решений;
- связи между параметрами, характеризующими данные решения;
- последствия принятия конструктивных решений на возможности их реализации и выбор соответствующих технологических решений;

- влияние технологических параметров на разработку и выбор конструктивных решений.

В наиболее общем случае такая модель может быть представлена в виде функций [5]

$$K_{aj} = \psi_j(K_{a1}, K_{a2}, \dots, K_{ai}, \dots, K_{am}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n},$$
$$K_{ki} = \psi_i(K_{k1}, K_{k2}, \dots, K_{ki}, \dots, K_{km}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

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

В целом на процесс принятия решения по выбору оптимального варианта фундамента могут оказать следующие факторы:

- исходные данные (геологические и гидрогеологические характеристики, параметры здания или сооружения и т.д.);
- строительные технико-экономические ограничения (по глубине котлована, гибкости конструкций 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.).

Так как выбор решения необходимо осуществлять на базе «наибольшей предпочтительности», т.е. оптимизации по совокупности показателей эффективности, то собственное решение представимо в виде следующих частных задач [7, 8, 9]:

- 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 условиях данной модели [10];
- оценку 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 , составляющими вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$. Вектор x связан с отображением решений $a \rightarrow x = \varphi(a)$, заданных аналитически, статистически или эвристически. Относительная важность локальных критериев ППЭ задана вектором приоритетов $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$, где $\lambda_j \in [1, \infty)$ — бинарная связь критериев j и $j+1$. Так как бинарная связь транзитивна, то есть для всех эле-

ментов $a_1, a_2, a_3 \in A$ действительно условие $a_1 R a_2, a_2 R a_3 \Rightarrow a_1 R a_3$, то искомого решение A° должно удовлетворять двум условиям:

- решение должно быть допустимым, т. е. оно должно принадлежать множеству допустимых решений \bar{A} ;
- решение должно быть наилучшим, т. е. оно должно оптимизировать вектор x с учетом приоритетов ППЭ: $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$.

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

$$a^\circ = \varphi^{-1}[\text{opt}(x(a), \lambda)] \quad (2)$$

Следует отметить, что в области фундаментостроения определение области компромиссных решений является только промежуточным решением, а конечная цель – нахождение всех конкурентоспособных и выбор одного проектного решения. Но при этом выбор технических решений и сравнение их качества в области компромисса возможны только по определенной схеме компромисса и соответствующему этой схеме принципу оптимальности. Выбор схемы можно осуществлять на аналитическом или аналитико-эвристическом уровне. Наиболее широко известен принцип минимакса, позволяющий найти единственное рациональное решение, реализуемое в следующей эквивалентной форме:

$$\text{opt}X = \min_{x \in X_0} \sum_{j=1}^n x_j^* \quad (3)$$

где X_0 — область компромисса;

$$S \in (S^\circ, \infty); S^\circ = \frac{\lg n}{\lg(1+\varepsilon)}; \quad (4)$$

ε - относительная точность показателя эффективности;

j - количество возможных в реализации технических решений.

Так как зачастую показатели эффективности имеют различные масштабы измерения, то их нормализация обязательна и ее можно выполнять по множеству принципов. Однако наиболее справедливым и не ограничивающим значимости ни одного из показателей эффективности является «принцип идеального качества», когда в виде нормализующих компонентов принимаются максимально возможные их отклонения для условий решаемой задачи:

$$X_j = \frac{X_j}{\max_{x \in X} x_j - \min_{x \in X} x_j} \quad (5)$$

В качестве параметров предпочтительности наиболее целесообразно оперировать рядом предпочтительности \bar{X}_j и векторами приоритетов λ_i и значимости q_i , определяемыми методом последовательной оптимизации.

При этом ряд предпочтительности \bar{X}_j определяет упорядоченное множество локальных критериев $\bar{X}_j = \{1, 2, \dots, n\}$, т.е. $\{\bar{x}\} = \{x_1 > x_2 > \dots > x_n\}$.

Матрица принятия решений (ожидаемых результатов реализации вариантов) имеет вид:

$$X_1 \quad X_2 \quad \dots \quad X_n$$

$$P = [x_{ij}] = \begin{matrix} a_1 & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_m & \begin{bmatrix} x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \end{matrix}, \quad (6)$$

где a_1, \dots, a_m — сравниваемые варианты решений ($i = \overline{1, m}$); x_1, \dots, x_n — полидименсиональные показатели эффективности ($j = \overline{1, n}$); x_{11}, \dots, x_{mn} — значения показателей эффективности.

Если в матрице P присутствуют одновременно обычные и стоимостные показатели, то для нормализации обычных показателей может быть использовано выражение -

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{j1}^{\min}}{x_{j1}^* - x_{j1}^{\min}}, \text{ а для стоимостных показателей } - \bar{x}_{ij} = \frac{x_{j1}^* - x_{ij}}{x_{j1}^* - x_{j1}^{\min}}.$$

При обосновании проектных решений в условиях частичной неопределенности эффективно использование методов и критериев теории игр, при этом можно выбрать один из $i = x$ вариантов (стратегий, альтернатив), гарантирующих наибольший эффект, т.е.

$$\max_i \min_j u_{ij} \geq V_1, \quad (7)$$

Однако вероятностный характер строительного производства практически всегда приводит к снижению гарантированного проектного эффекта до величины V_2 , т.е.

$$\min_i \min_j u_{ij} \geq V_2, \quad (8)$$

позволяющей при самых неблагоприятных обстоятельствах обеспечить получение экономического эффекта в пределах:

$$\max_i \max_j u_{ij} \leq V \leq \min_i \min_j u_{ij}. \quad (9)$$

Не рассматривая особенностей теорий игр в области определения оптимальных стратегий, отметим, что минимакс, максимакс и максимин являются устаревшими методами взвешивания, и поэтому необходимо иметь в виду, что максимин целесообразен, при расчетах только на самое плохое, что может произойти; критерий Сэвиджа позволяет минимизировать убытки; фактор же риска обеспечивает реализацию высшего выигрыша, при этом для решения выбирается не минимум выигрыша, а взвешенное среднее из минимума и максимума.

В качестве наиболее достоверного критерия успеха принимаемого технического решения может быть принят критерий Бернулли [5]:

$$K_i^j = \left\{ a_j / \max_n \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} \right\}, \quad i = 1, \bar{m}; \quad o = 1, \bar{n}, \quad (10)$$

где \bar{x}_{ij} — значение j -го показателя для i -го варианта, который реализует принцип справедливой абсолютной уступки.

Применение этого критерия позволяет перейти от векторных критериев к скалярным и тем самым свести многокритериальную задачу к однокритериальной, легко решаемой.

Все это позволяет сделать вывод, что показателями эффективности строительных решений являются стоимостные, временные, ресурсные и эксплуатационные показатели, т.е. очень большая группа возможных альтернатив, то для выбора оптимального ресурсосбере-

гающего организационно-технологического варианта фундамента целесообразно использовать общую логическую схему выбора ресурсосберегающих решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по выбору экономических фундаментов для сельских зданий Нечерноземной зоны РСФСР. ЦНИИЭПсельстрой.-М., 1985.-18 с.
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. Межевой Г.Н., Шаевич В.М. Фундаменты в сложных грунтовых и сейсмических условиях.- Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1983.-153с.
4. Рекомендации по рациональной области применения в строительстве свай различных видов. Госстрой СССР.- М., 1978.-17 с.
5. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями.- М: Наука, 1981.-196 с.
6. 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.
7. Ярутин В.К. Эффективные фундаменты в сельском строительстве.-Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1975.-126 с.
8. Бойко Н.В., Кадыров А.С., Харченко В.В. и др. Технология, организация и комплексная механизация свайных работ.- М: Стройиздат. -1983. -303 с.
9. Руководство по выбору проектных решений фундаментов. НИИОСП, НИИЭС, ЦНИИпроект Госстроя СССР.- М: Стройиздат, 1984.-193с.
10. Кречин А.С., Графов С.С. и др. Совершенствование фундаментостроения в Молдавской ССР. НИИОСП, Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении, том I. - М., 1987. - 169 с.

УДК 338.518 (476)

Лялюк Т.В.

Научный руководитель: асс. Клочко Г.Г.

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СМК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БРЕСТСКОГО РЕГИОНА

Деятельность по разработке, внедрению и последующей сертификации системы менеджмента качества (далее СМК) на соответствие требованиям международных стандартов ИСО серии 9001 (далее - МС ИСО 9001) ведется уже давно. Популярность данных стандартов объясняется рядом причин, основными среди которых являются следующие:

- если мы хотим экспортировать свою продукцию за рубеж или работать с зарубежными компаниями на территории страны, необходимо с иностранными партнерами играть по одним правилам. В данном случае под такими «правилами» подразумеваются единые требования к обеспечению качества. Наличие сертификата соответствия на СМК для организации является гарантией того, что подход к качеству осуществляется на постоянной, системной основе.

- если мы хотим выполнить требования заказчика. Сегодня все чаще заказчик при заключении договоров требует наличия у производителя изделий сертифицированной СМК;

- если мы хотим получить лицензию на выполнение определенной деятельности;
- если мы хотим получить сертификат соответствия СМК, без наличия которого срываются договоры (проигрываются тендеры и т.д.);
- если мы хотим навести элементарный порядок в организации. Руководитель устал от бесконечного выяснения, кто за что отвечает, кто должен принимать решения в той или иной производственной ситуации. Документы, применяемые в организации, разрознены, работают каждый на своем уровне, не образуя системы, зачастую одно подразделение не знает, какие документы есть в другом. Более того, подразделения создают свои формы документов, и каждое управляет ими по-своему или не управляет вовсе;
- если этого требует вышестоящая организация.

Среди внешних причин, ускоривших начало разработки СМК, следует отметить ряд постановлений Совета Министров Республики Беларусь.

Каковы бы не были причины, **основной результат внедрения МС ИСО 9001** в организации заключается в том, что в ней определяется система, в соответствии с которой будет происходить управление качеством. Это обеспечивает способность организации поставлять продукцию или оказывать услуги, отвечающие требованиям потребителей и соответствующим обязательным требованиям, надежность и стабильность организации, а также приносит заметные выгоды для клиентов, работников организации, заказчиков, партнеров, других заинтересованных лиц и, наконец, общества в целом.

Перед любой организацией, приступившей к разработке СМК, встают вопросы **ЧТО ДЕЛАТЬ? С ЧЕГО НАЧИНАТЬ?**

В любом случае построение СМК никогда не начинается с нуля. Организация всегда имеет определенный опыт работ в области управления качеством и в том числе действующие документы СМК. Все предшествующие наработки при создании СМК, соответствующей требованиям МС ИСО 9001, могут быть учтены.

Сейчас я хотела бы рассмотреть на примере одного предприятия по производству шоколадных изделий нашего региона, каким образом внедренная им СМК повлияла на основные экономические показатели. В своей работе я попыталась проанализировать изменение этих показателей до и после внедрения СМК.

Внедрение СМК – процесс непростой и достаточно дорогостоящий. Данная компания затратила на внедрение СМК порядка 12 млн. руб., учитывая то, что компания сравнительно небольшая (среднесписочная численность рабочих за 2006 год – 234 чел.), эти затраты достаточно существенны.

На предприятии была разработана и внедрена СМК ИСО 9001 в ноябре 2005 года с целью получения высококачественной и конкурентоспособной продукции. Сертификация СМК – это подтверждение соответствия требованиям стандартов СТБ ИСО 9001. Получив сертификат соответствия, компания может ставить на продукцию знаки соответствия. Маркировка наносится на товаросопроводительную документацию, рекламные материалы и фирменные бланки, а также на упаковку продукции. Контроль за нанесением маркировки осуществляет Госнадзор.

СМК затрагивает все этапы функционирования предприятия: начиная от приема специалиста на работу, производственного цикла и заканчивая реализацией продукции. У Вас могут возникнуть закономерные вопросы: повлияла ли СМК на конкурентоспособность продукции, повлияла ли она на финансово-экономические показатели деятельности предприятия, смогло ли предприятие повысить удовлетворенность потребителей и т.д. Отвечу да. И в подтверждение своих слов я хотела бы привести некоторые цифры, которые наглядно показывают положительный эффект от внедрения СМК.

Начнем с конкурентоспособности нашей продукции. Так внедрение СМК позволило на равных конкурировать с крупнейшими кондитерскими предприятиями республики. По итогам конкурса «Продукт года-2006» компания отмечена в номинации шоколад и шоколадные конфеты и занимает третье место после «Коммунарки» и «Спартака» («Аргументы и факты» №1-2, 2007г.). В категории упакованных конфет наше предприятие находится на третьем месте.

В связи с этим значительно возрос интерес к нашей продукции. Так, в 2005 году объем реализации составил около 911 т. при объеме производства 1290т. В 2006 году, после внедрения СМК, объем производства – 940 т. и практически вся продукция была реализована, что в сопоставимых ценах составило около 11 млрд. руб. Кроме того, с инвестиционной точки зрения компания стала более привлекательной. Так, объем инвестиций в основной капитал в 2005 году составил 53 млн. руб., после внедрения СМК было инвестировано как собственных средств, так и средств внешних инвесторов на сумму 130 млн. руб.

Что касается удовлетворенности потребителей, за период действия СМК на предприятие не поступило ни одной рекламации по качеству выпускаемой продукции, что позволяет сделать вывод, что удовлетворенность потребителей, как минимум, не снизилась.

Теперь рассмотрим экономические показатели: выручка от реализации товара возросла по сравнению с 2005 годом более чем на 20%. При прогнозе на 2006 год 16 млрд. руб. она составила 16 млрд. 297 млн. руб. Прибыль за 9 месяцев 2006 года составила 564 млн. руб. при прогнозных показателях 500 млн. руб. Также должна отметить, что возросла среднемесячная зарплата рабочих с 541 800 руб. до 554 300 руб. Уровень рентабельности производства вырос на 4,36 % по сравнению с 2005 годом.

Конечно, на улучшение этих показателей повлияло не только внедрение СМК, но и ряд других причин. Тем не менее, внедрение СМК позволило усовершенствовать технологические процессы. Был проведен переход на менее затратные технологии по производству шоколадной продукции, проведена модернизация технологического оборудования на сумму 55 млн. рублей. Усовершенствование процесса закупок позволило добиться отсутствия простоев производства по причине несвоевременной поставки сырья, обеспечить высокое качество закупаемого сырья, что позволило своевременно выполнять план производства продукции.

Внедрение СМК повлияло на расширение рынков сбыта продукции в 2006 году: с компанией «Vopa Gbr.» Германия, впервые это предприятие вышло на рынок Евросоюза и является на сегодняшний день единственной компанией кондитерской отрасли в Республике Беларусь, которая работает на этом рынке с апреля 2006 года; компания «Импорт Маркетинг Росман 2004» Израиль, расширение рынка сбыта в Израиле в ноябре 2006 года. Касательно первого полугодия 2006 года – доля экспорта в общем объеме реализации составила 21%. Внедрение СМК позволило обеспечить контроль за качеством сырья и материалов за качеством работы технологического оборудования, за качеством на всех стадиях технологического процесса. Постоянное стремление к повышению конкурентоспособности продукции позволяет фирме расширять рынки сбыта продукции, получать прибыль, необходимую для развития компании и роста благосостояния ее работников.

Таким образом, предприятие добилось реализации двух своих основных задач: увеличение прибыли и удовлетворенность покупателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация. - М.: ЮНИТИ, 2000.
2. Стандартизация и управление качеством продукции / Под ред. проф. В.А. Швандера. - М.: ЮНИТИ, 2000.
3. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - ЮНИТИ-ДАНА, 2000.

ПАРОГАЗОГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ КАМЕРЫ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Парогенераторы получили широкое применение в теплоэнергетике. Основное их назначение - выработка рабочего тепла на тепловых электростанциях. Это рабочее тело должно иметь соответствующие параметры: высокое давление и температуру. Однако имеются отрасли промышленности, где необходим водяной пар относительно низких параметров (тепловлажностная обработка различных изделий, например, бетон). Поэтому ставится задача получения низкопотенциального пара с низкими капитальными затратами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА ДРОССЕЛИРОВАНИЕМ

Этот принцип, предложенный профессором Северяниным В.С., заключается в сбросе давления жидкости, предварительно нагретой почти до точки кипения жидкости.

Рассмотрим некоторый объём нагретой жидкости, имеющий начальную температуру насыщения ($t_{нас1}$), давление (p_1) и энтальпию (i_1) (рис.1). В результате сброса давления до атмосферного получаются конечные параметры: пар, имеющий степень сухости x , и жидкость, имеющая конечное давление (p_2), температуру насыщения ($t_{нас2}$); энтальпию (i_2) и степень влажности $(1-x)$.

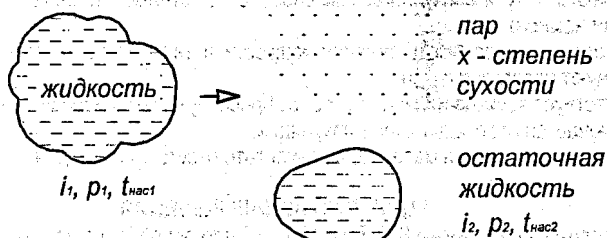


Рис.1. Принцип генерации пара дросселированием

Энергия исходной жидкости равна энергии полученного пара и остаточной жидкости:

$$i_1 = (1-x) \cdot i_2 + x \cdot r \quad (1)$$

где: r - скрытая теплота парообразования, кДж/кг

$$i_1 - i_2 = x(r - i_2) \quad (2)$$

Значение степени сухости пара в конце дросселирования:

$$x = \frac{i_1 - i_2}{r - i_2} \quad (3)$$

В качестве примера рассмотрим 1 кг воды при давлении 4 бар и нагретой до температуры насыщения. Дросселирование ведём до атмосферного давления.

при $p = 4$ бар $i_1 = 144$ кДж/кг

при $p = 1$ бар $i_2 = 100$ кДж/кг; $r = 510$ кДж/кг

$$x = \frac{i_1 - i_2}{r - i_2} = \frac{144 - 100}{510 - 100} = \frac{44}{410} \cdot 100\% \approx 10\%$$

Задаваясь различными значениями r_1 , можно получить следующую зависимость (рис.2): чем выше давление r_1 , тем выше значение x . При повышении r_1 уменьшается (r) и увеличивается x .

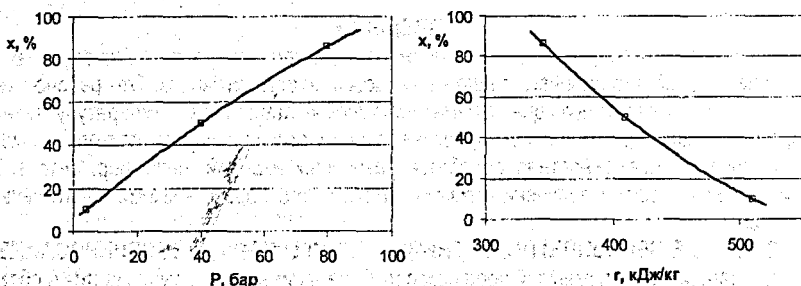


Рис.2. Влияние давления и теплоты парообразования на степень сухости водяного пара

Значит, в реальных установках для увеличения x при дросселировании необходимо увеличивать начальное давление жидкости.

Достоинства предлагаемого метода получения пара:

1. Предупреждается интенсивное образование накипи на поверхности, передающей теплоту воде, т.к. состояние среды однофазное.
2. Уменьшается поверхность нагрева, т.к. в обычном парогенераторе теплопередача идет от стенки к пару, а в предлагаемом способе - от стенки к воде, когда коэффициент теплоотдачи намного больше.
3. Повышается надежность течения жидкости в тепловоспринимающем элементе, т.к. отсутствуют паровые пузыри.
4. Отсутствует зеркало испарения, т.е. выбросы пузырей в паровое пространство.
5. Исключается опрокидывание циркуляции.
6. Отсутствует коррозия металла, в результате отсутствия воздуха.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Профессором Северяниным В.С. [1] в 1991 г. было опробовано устройство в виде камеры пульсирующего горения (КПГ) с впрыском холодной воды в струю горячих газов.

В 1994 г. им же было предложено и опробовано устройство для подогрева воды в водяной рубашке КПГ с последующей подачей пароводяной смеси в продукты сгорания (см. рис.3).

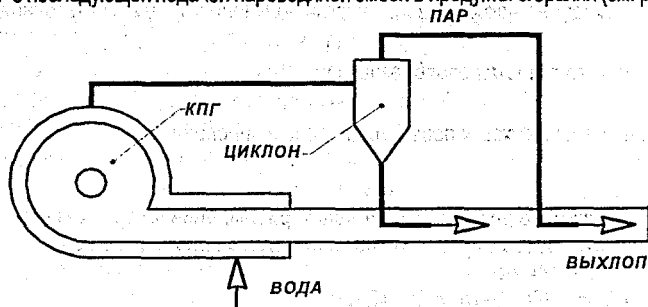


Рис.3. Парогенератор Северянина

Особенность этого устройства - предварительная сепарация в циклоне воды от пара. Пар подается на выхлоп, вода в середину камеры.

Профессором Быченко В.И. [2] продолжены эти исследования. Им получены такие данные: парогаз на выхлопе содержит: $\text{NO}_2=0\%$; $\text{CO}=9$ ppm; $\text{CO}_2=1,7\%$; $\text{SO}_2=0\%$; $\text{O}_2=18,9\%$. Им разработаны конструкции, которые используются в народном хозяйстве России.

Для реализации метода генерации пара дросселированием была изготовлена экспериментальная установка (см. рис. 4), которая состоит из КПП-1, резонансной трубы-2, водяной рубашки-3, дроссельного сопла-4.

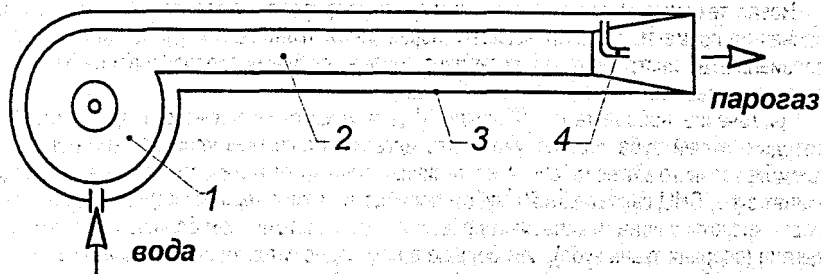


Рис. 4. Парогазогенератор

Она была испытана [3] на полигоне «ПУЛЬСАР»

Основные характеристики этого парогазогенератора:

- температура газов - 150...500 °С
- скорость газов на выходе, м/с - 25...50
- производительность по газам $\text{м}^3/\text{ч}$ - 300...1000
- расход дизельного топлива, л/ч - 10...60,
- тепловая мощность, кВт - 100...500
- питание - 220 В; 50 Гц
- потребляемая мощность, кВт - 0,25...0,5
- габариты, м - 2x0,5
- масса - 70 кг

Это опробование позволяет наметить пути дальнейших исследований физики процесса и разработки конструкций для различных технологий.

ВЫВОД

Анализ регенерации пара дросселированием доказывает перспективность его применения в различных технологиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Северянин В.С. Распыление топлива пульсирующим газовым потоком // Энергетика №9, 1991 г. стр 114.
2. Быченко В.И. Теплоэнергетика рабочего процесса в аппаратах пульсирующего горения. Автореферат докторской диссертации. Воронеж 2005 г.
3. Дьяконов Ю.П. Ковальчук Ю.Н. Павленко С.Н. О совершенствовании пропарочного оборудования заводов железобетонных изделий // Инженер-механик, №1, 2007 г. стр. 42.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОТВЕРДОСТИ ДЕНТИНА

В современной стоматологии существует ряд альтернативных методов препарирования зуба: лазерное, аэрокинетическое, ультразвуковое препарирование, ART-методика и химико-механический метод (система CARISOLV, КАРИЛИЗИН).

Новая технология химико-механического препарирования кариозной полости, основанная на применении размягчающего пораженные ткани геля и удалении этих тканей специальными инструментами, позволяет решить проблему препарирования без хирургического вмешательства с помощью бормашины.

Применение набора гелей "Кариблинз" для химико-механического препарирования твердых тканей зуба должно увеличить адгезию стеклоиономерных цементах (СИЦ-пломбирочного материала), т.к. ее величина зависит от количества кальция в твердых тканях зуба. СИЦ связываются с зубом посредством химического соединения полиакриловой кислоты с ионами кальция гидроксиапатита. Поэтому, чем больше облитерирован дентин (опорная ткань зуба), тем больше в нем содержится кальция, а значит выше адгезия [1]. Общеизвестно, что основной химический состав дентина входят известковые соли и изменение количества кальция приводит к изменению его физико-механических свойств, в первую очередь твердость. Твердость характеризует сопротивление материала пластическим деформациям. Особенность строения и состава дентина требует особых «мягких» способов определения твердости на ограниченных поверхностях и тонких слоях (микротвердость).

Потому целью данной работы является отработка методов измерения и оценки микротвердости на границе поверхности препарированного зуба.

Наиболее распространенные методы определения твердости связаны с внедрением специального тела — индентора — в испытуемый материал с таким усилием, чтобы в материале остался отпечаток индентора. О величине твердости судят по отпечатку.

Твердость наиболее распространенный метод определения свойств материала. Это объясняется рядом причин: определения твердости являются неразрушающим методом и испытания на твердость не требуют высокой квалификации, кроме того, зная твердость, можно судить и о других механических свойствах.

Определение твердости микроскопических участков и тонких слоев (микротвердость) осуществляется вдавливанием индентора в виде алмазной пирамиды (с квадратным основанием и углами между противоположными гранями $\alpha = 136^\circ$ (наконечник Виккерса). Иногда применяют алмазную пирамиду, имеющую в основании форму ромба и углы между противоположными ребрами 130° и $172^\circ 30'$ (наконечник Кнуппа). В первом случае форма отпечатка — квадрат и глубина отпечатка $h = d/7$, где h — диагональ отпечатка, во втором — ромб и $h = d/30$, где d — большая диагональ отпечатка [2]. Первый способ более удобный для оценки размера отпечатка.

Значение микротвердости при вдавливании алмазной пирамиды с квадратным основанием (по методу Виккерса) вычисляют в единицах твердости по следующей формуле

$$HV = 1,8544 \frac{P}{d}, \quad (1)$$

где P — нормальная нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику, кгс;

d — среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка, мм.

Для измерения микротвердости вдавливанием алмазной пирамиды использовался прибор ПМТ-3М находящийся в лаборатории кафедры «Машиноведение». В приборе ПМТ-3М нагрузка индентора создается с помощью гирь, что обеспечивает по сравнению с пружинным нагружением высокую точность и стабильность значений прикладываемых нагрузок. Для измерения твердости образец (микрошлиф) устанавливают и закрепляют на приборном столике. Затем под микроскопом подбирают участок шлифа для измерения. При выборе участка, который должен находиться в центре поля зрения микроскопа, шлиф перемещают регулировочными винтами стола. Затем устанавливают груз, величина которого зависит от особенностей изучаемой структуры. Поворачивают столик на 180° (от одного упора до другого) для подведения выбранного участка образца под алмазную пирамиду. После этого медленно опускают шток с алмазной пирамидой, чтобы алмаз коснулся образца. Выдержав 5—10 сек, возвращают алмазную пирамиду, а затем и столик, в исходное положение.

Отпечатки измеряют с помощью окупярного микрометра ФОМ-2-16 с общим увеличением в 500 или 130 раз. Прибор удобен в эксплуатации, отличается высокой точностью измерений и широко применяется в научно-исследовательских работах и для производственного контроля миниатюрных деталей и тонких поверхностных слоев.

В качестве исследуемых образцов используются подготовленные микрошлифы, для чего объекты исследования заливаются в форме эпоксидным клеем марки ЭДП с последующей абразивной обработкой.

Абразивная обработка осуществляется на специальной шлифовальной установке с постепенным понижением номера абразивного зерна и последней доводочной операцией — полированием с помощью войлочного круга и пасты ГОЯ. Специальный зажим образца обеспечивает высокую параллельность поверхностей и шероховатость не ниже $Ra\ 0,32\ \mu\text{м}$.

Исходя из задач, поставленных перед экспериментальными исследованиями, методика испытаний будет состоять из следующих этапов:

- обоснование выбора количества объектов испытаний и выбора размеров выборки проведенных исследований;

- проверка достоверности результатов эксперимента;

- определение оптимальной нагрузки при испытании;

- оценка распределения микротвердости по поверхности исследуемого образца.

Проверка объективности оценки исследуемого параметра и независимости результатов измерения в выборке проводились при пробных десяти замерах микротвердости дентина неповрежденного молочного зуба.

По измеренным диагоналям и рассчитанным по формуле 1, микротвердость в единицах HV составила: 79; 78; 77; 73; 82; 74; 81; 74; 78; 76.

Среднее значения измеренного параметра (обозначим его через X), дисперсия и среднее квадратичное отклонение составят: $X_{\text{ср}}=77,2$; $S^2=9,066$; $S=3,01$.

Определение наличия в выборке грубых погрешностей осуществлялась по значениям критерия V_n :

$$V_n = \frac{1}{S} \cdot |X_{\text{ср}} - X_i|, \quad (2)$$

где $X_1 = X_{\text{min}}=73$ или где $X_1 = X_{\text{max}}=82$

Значения критерия V_n составят: $V_{H_{\text{min}}}=1,395$; $V_{H_{\text{max}}}=1,594$

Для $P=0,95$ и $m=10$ критическое значение критерия составит $V_k=2,294$ [3].

Так как $V_H < V_K$, то X_{\min} и X_{\max} не исключаем из рассмотрения, так как они не являются грубыми погрешностями.

Определение доверительного интервала для данной выборки проводим по формуле:

$$X_{\text{ср}} - t(P, m) \cdot \frac{S}{\sqrt{m}} < X_{\text{ист}} < X_{\text{ср}} + t(P, m) \cdot \frac{S}{\sqrt{m}} \quad (3)$$

Для $P=0,95$ и $m=10$ $t(P, m)=2,262$ – значение критерия Стьюдента [3].

Тогда получаем интервал: $75 < X_{\text{ист}} < 79$

Необходимое число параллельных измерений составит (при обеспечении требуемой точности $1/3$ допуска при $4S$ отклонении): $\Delta_0 = 1,3 \cdot S = 1,3 \cdot 3,01 = 3,913$.

$$\text{Тогда } m, \geq t^2(P, m) \cdot \frac{S^2}{\Delta_0^2} = 2,262 \cdot \frac{9,066}{3,913^2} = 1,34$$

То есть для достижения требуемой точности необходимо выполнить не менее 2 параллельных измерений.

Для оценки однородности и независимости выборки использовался критерий последовательных разностей:

$$T_H = \frac{C^2}{S^2}, \quad (4)$$

где S^2 – дисперсия значений, $S^2=9,066$;

C^2 – промежуточная величина:

$$C^2 = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} (X_{i+1} - X_i)^2}{2 \cdot (m-1)} \quad (5)$$

Критическое значение критерия последовательных разностей при $P=0,95$ и $m=10$ равняется $T_K=0,531$ [3].

Так как $C^2=15,61$ $T_H=1,722 > T_K=0,531$ дрейф размеров отсутствует, следовательно значения независимы.

Выбор оптимальной нагрузки при измерении микротвердости дентина проводился с целью получения оптимального по четкости отпечатка при минимальной внешней нагрузке. При нечетком отриске вносится большая погрешность измерения диагонали, а при большой (избыточной) нагрузке происходит большее выдавливание материала, что также искажает результат измерения.

В качестве пробных нагрузок приняты значения 50, 100, 150, 200, 250Г (0,49; 0,98; 1,47; 1,96; 2,45Н) с пятикратным повторением замера на принятой силе и проведение испытаний на двух образцах (образец 1 и образец 2).

Результаты расчетов приведены в таблицах 1 и 2 и на рисунке 1 (где m – масса груза в граммах).

Приведенные экспериментальные данные показывают что наименьшее рассеивание микротвердости составляет: $\pm 4\text{HV}$ (нагрузка 150г.), $\pm 3,32\text{HV}$ (нагрузка 200г.) – образец 1 $\pm 5,12\text{HV}$ (нагрузка 150г.) – образец 2.

Рассеивание принято при условии нормального закона распределения значений микротвердости и зоной рассеивания $\pm 2S$ (что соответствует доверительной вероятности $P(t)=0,95$). В интервале 20...80 HV можно считать оптимальной нагрузку 150г. (1,47Н).

При оценке влияния местоположения зоны измерения дентина замеры проводились с целью определения распределения микротвердости в различных направлениях от поверхности эмали.

Минимальное расстояние между ближайшими оттисками выбиралось исходя из условия, что расстояние между центрами соседних отпечатков должны превышать размер отпечатка более чем в 2 раза. Данное условие необходимо чтобы получить максимальное число замеров на локальном участке. Принимаем это расстояние равным 0,1мм.

Все исследования проводились на образце 1. Замеры проводились в трех направлениях (двух горизонтальных - выборки 2,3 и одном вертикальном-выборка 1)

Таблица 1 - Значения микротвердости образца 1 (здоровый молочный клык)

Масса груза	Параметры микротвердости, в HV							
	1	2	3	4	5	X_{cp}	S^2	S
50	43,8	44,8	43,8	45,7	50,3	45,68	7,29*	2,70
100	50,7	74,2	66	59,12	55	61,00	86,21	9,28
150	67,8	65,8	63,8	63,8	67,8	65,8	4	2
200	69,6	69,6	69,6	67,7	65,9	68,48	2,75	1,66
250	76,2	70,6	76,2	80,25	70,6	74,77	17,22	4,15
Общее X_{cp}						63,14		
Общая S^2						119,63		
Общее S						10,93		

Таблица 2 - Значения микротвердости образца 2 (препарированный зуб)

Масса груза	Параметры микротвердости, в HV							
	1	2	3	4	5	X_{cp}	S^2	S
50	28,5	35,6	31,7	23	27,5	29,26	22,25	4,71
100	38,9	49,8	33,85	32,1	36,77	38,28	48,29	6,94
150	40,7	40,36	37,6	34,3	37,6	38,11	6,70	2,58
200	47,88	57,9	40,23	43,8	42,8	46,52	48,03	6,93
250	45,4	24,7	25,4	35,1	41,2	34,36	85,70	9,25
Общее X_{cp}						37,30		
Общая S^2						68,44		
Общее S						8,27		

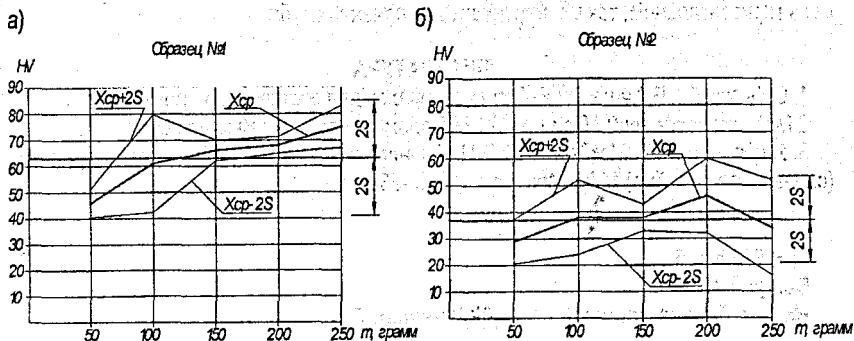


Рисунок 1 - Распределение микротвердости от нагрузки

Представленные на рисунке 2 результаты измерений показывают, что твердость эмали коронки зуба непостоянна по всей поверхности и составляет 309,6HV до 174,2 HV. Толщина ее составляет примерно 0,2...0,3 мм. Микротвердость дентина за пределами

этой зоны стабильна. Среднее значение с рассеивание для каждой из трех выборок составляет следующие величины: $53,6 \pm 19\text{HV}$; $51,0 \pm 14\text{HV}$; $45,55 \pm 10,2\text{HV}$. Причем данные значения получены на участках длиной 1мм, а на любом из коротких участков выборки длиной 0,3...0,4 мм рассеивание размеров не превышает $\pm 6,1\text{HV}$. Данная зависимость характерна для каждой из трех выборок и может быть принятой постоянной для любого из направлений.

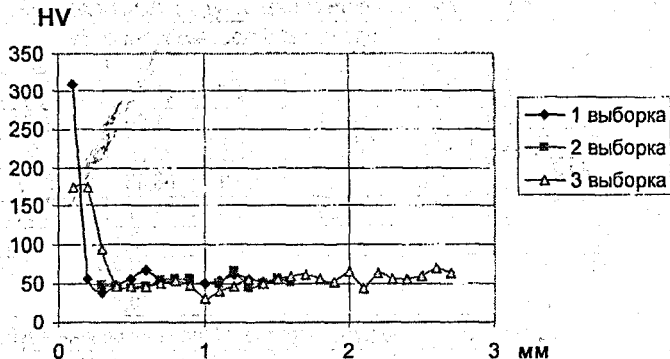


Рисунок 2- График изменения микротвердости в зоне эмаливо-дентинной границы

ВЫВОДЫ

- Проведенные испытания по определению микротвердости дентина показали следующие:
1. Для получения достоверности результатов исследования с вероятностью $P(t)=0$, необходимо проводить испытания не менее чем на двух образцах.
 2. Величина нагрузки на индентор (алмазную пирамиду) должна составлять 1Н ($1,47\text{Н}$), что обеспечивает минимальное рассеивание размеров в пределах твердости дентина $20...80\text{HV}$.
 3. Выборка должна составлять не менее 3-х замеров в одной плоскости.
 4. Рассеивание твердости дентина за зоной эмаль-дентин можно принимать постоянным как в горизонтальном, так и в вертикальном сечениях зуба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орловский А.Б. Критерии выбора материалов для реставрации.- Киев: Кристар, 2001.- 100 с.
2. Материаловедение / Под ред. Ю.М.Соломенцева. - М.: Высшая школа, 2005.
3. Ящерицин П.И., Махаринский Е.И. Планирование эксперимента в машиностроении (справочное пособие).- Мн.: Выш. шк., 1985.-286с.

УДК 519.876.5

Бычук Т.Н.

Научный руководитель: доц. Дереченник С.С.

МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ КАК ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ МЕТОДА ЧАСТИЦ

Развитие технологий, позволяющих изучать микроструктуру тел, привело к накоплению фактов, свидетельствующих о чрезвычайно высокой роли внутренней структуры материала в процессах, обеспечивающих его функциональное назначение. Возросший в последнее десятилетие интерес к механическим свойствам нанообъектов требует еще

более серьезного внимания к влиянию внутренней структуры материала на его механическое поведение. Особую актуальность приобретает развитие аналитических и компьютерных моделей, которые могли бы адекватно описать механические свойства подобных сред и веществ [1].

Большие перспективы связывают с использованием метода частиц – представление тела совокупностью взаимодействующих частиц, описываемых законами классической механики. Целью такого метода является понимание свойств молекулярных связей в терминах структуры исследуемого соединения и микроскопических взаимодействий между молекулами вещества. Преимущество метода частиц по сравнению с методами, основанными на концепции сплошной среды, заключается в том, что он требует значительно меньше априорных предположений о свойствах материала [1]. Задавая потенциал межмолекулярного взаимодействия, можно моделировать такие эффекты, как пластичность, образование трещин, разрушение, температурное изменение свойств материала, фазовые переходы. Для описания каждого из этих эффектов в рамках сплошной среды требуются отдельные вычисления, в то время как при моделировании методом частиц эти эффекты получаются автоматически, в результате интегрирования уравнений движения. В частности, необратимость механических процессов достигается за счет перехода механической энергии длинноволновых движений материала в тепловую энергию хаотического движения частиц.

Можно выделить два наиболее важных метода техники моделирования – метод молекулярной динамики (МД) и метод Монте-Карло. Известен также ряд гибридных методов, которые сочетают особенности обоих названных.

Определив на начальном этапе моделирования предполагаемые взаимодействия между молекулами изучаемого вещества, с помощью метода МД получают точные предсказания объемных свойств вещества [2] (понятие точности результатов зависит, в основном, от возможностей компьютерной техники, используемой для моделирования).

Моделированием МД можно получить также такие свойства вещества, которые сложно определить экспериментально, например, связь между коэффициентом распространения и скоростной функцией автокорреляции.

Моделирование МД действует как мост между теорией и экспериментом (рисунок 1), т.е. с его помощью можно, моделируя рассматриваемое вещество, проверить теорию, а, сравнивая результаты моделирования с экспериментальными результатами – проверить модель. Моделирование МД также можно представить как связь микроскопического и макроскопического уровней представления вещества (рисунок 2).

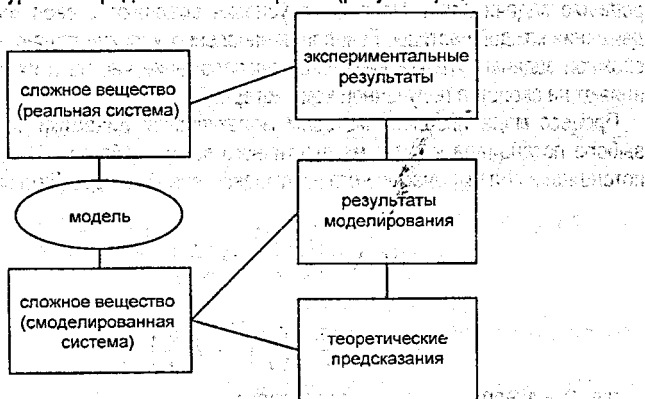


Рисунок 1. Моделирование МД как связь между теорией и экспериментом [2]

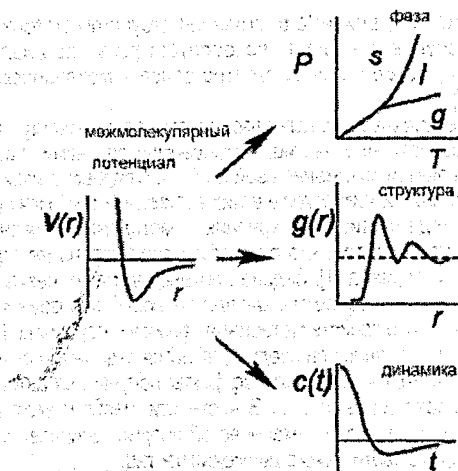


Рисунок 2. Моделирование МД как связь микроскопического и макроscopicкого уровней вещества [2]

Моделирование молекулярной динамики [3] состоит из численного решения уравнений движения классической механики, которые для простой атомной системы описываются как:

$$m_i \cdot \ddot{r}_i = f_i, \quad (1)$$

где m_i – масса i -й частицы,

f_i и r_i – сила, действующая на i -ю частицу вещества и расстояние действия силы.

$$f_i = - \frac{\partial}{\partial r_i} U, \quad (2)$$

где U – потенциальная энергия.

С математической точки зрения решение системы уравнений представляет собой решение задачи Коши. Начальные условия включают в себя координаты и скорости движения каждой частицы. Генерация начальных условий является отдельной и весьма сложной задачей, так как начальное расположение частиц и их скорости существенно влияют на свойства полученной компьютерной модели.

Процесс моделирования методом молекулярной динамики основан на правильном выборе потенциала и силы межчастичного взаимодействия. Чаще всего используется потенциал и сила межчастичного взаимодействия Леннарда-Джонса:

$$\Pi(r) = D \left[\left(\frac{a}{r} \right)^{12} - 2 \left(\frac{a}{r} \right)^6 \right], \quad (3)$$

$$F(r) = \frac{12D}{a} \left[\left(\frac{a}{r} \right)^{13} - 2 \left(\frac{a}{r} \right)^7 \right], \quad (4)$$

где D – энергия связи, a – длина связи.

Данный потенциал весьма точно описывает свойства ряда веществ, а также силы взаимодействия Ван-дер-Ваальса. К его достоинствам также относится и вычислительная простота, не требующая иррациональных и трансцендентных функций. Потенциал Леннарда-Джонса используется, когда имеет место исследование физических закономерностей, а не получение точных количественных результатов. К его недостаткам можно отнести тот факт, что он является двухпараметрическим. Фактически, он позволяет удовлетворить значению только одного параметра, например, модулю упругости или пределу точности в статике [4], скорости распространения продольных волн или откольной скорости в динамике. Тем не менее, данный потенциал вполне подходит для упаковки веществ аморфной структуры.

Для более детального исследования могут использоваться и другие формы представления потенциальной энергии – например, потенциал и сила взаимодействия, которые являются четырехпараметрическими. Его недостаток – зависимость потенциала от m и n , риск неправильности выбора этих параметров и сложность вычислений с ростом их значений.

$$\Pi(r) = \frac{D}{n-m} \left[m \left(\frac{a}{r} \right)^n - n \left(\frac{a}{r} \right)^m \right], \quad (5)$$

$$F(r) = \frac{nm}{n-m} \cdot \frac{D}{a} \left[\left(\frac{a}{r} \right)^{n+1} - \left(\frac{a}{r} \right)^{m+1} \right]. \quad (6)$$

По параметрическим характеристикам между потенциалом Леннарда-Джонса и потенциалом Ми находится трехпараметрический потенциал Морзе (7, 8), который позволяет удовлетворять значению двух независимых макроскопических характеристик (например, модулю упругости и пределу прочности в статике, скорости распространения продольных волн и откольной скорости в динамике). К его достоинствам можно отнести также более быстрое затухание на расстоянии, что удобно при взаимодействии ближайших частиц. Но, по сравнению с потенциалом Леннарда-Джонса, при определении потенциала Морзе необходимо вычислять экспоненту, что ведет к существенному замедлению моделирования.

$$\Pi(r) = D \left(e^{-2\alpha(r-a)} - 2e^{-\alpha(r-a)} \right), \quad (7)$$

$$F(r) = 2\alpha D \left(e^{-2\alpha(r-a)} - 2e^{-\alpha(r-a)} \right). \quad (8)$$

Существует также ряд других потенциалов, которые отличаются степенью дальности действия: сплайновые потенциалы, модифицированный потенциал и др. Их достоинство – ускорение численных расчетов за счет уменьшения радиуса, а недостаток – учет взаимодействия лишь тех частиц, которые вошли в ограниченный радиус.

Таким образом, для моделирования структуры материалов методом молекулярной динамики следует выполнить следующие этапы:

- выбрать потенциал межчастичного взаимодействия;
- определить внешнюю форму исследуемого объекта (куб, шар и т.д.);
- задать желаемый тип структуры вещества (кристалл, поликристалл, аморфное вещество);
- сгенерировать начальные условия (координаты и начальные скорости частиц в трехмерном пространстве);
- вычислять эволюцию структурных параметров моделируемой системы во времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Krivtsov A.M. Molecular Dynamics Simulation of Impact Fracture in Polycrystalline Materials // *Mechanica*. – 2003. – № 38. – С. 61–70.
2. Allen M. Introduction to Molecular Dynamics Simulation [Electronic resource]. – 2004. – P. 1–28. – Mode of access: <http://www.fz-juelich.de/nic-series/volume23>
3. Kristiansen K., Wouterse A., Philipse A. Simulation of random packing of binary sphere mixtures by mechanical contraction / *Physica*. – 2005. – № 358. – С. 249–262.
4. Волошин В.П., Медведев Н.Н. Исследование препика структурного фактора. Анализ неоднородных упаковок Леннард-Джонсовских атомов // *Журнал структурной химии*. – 2005. – Том 46, №1. – С. 96–100

УДК 519.233.3

Дмитриева А.В.

Научный руководитель: доц. Дереченник С.С.

КРИТЕРИЙ СОГЛАСИЯ ПИРСОНА И МЕТОДЫ ГРУППИРОВАНИЯ ДАННЫХ

Цель данной работы – исследовать эффективность критериев согласия типа хи-квадрат (χ^2) Пирсона при разбиении области определения случайной величины на интервалы равной длины.

При использовании критериев согласия типа χ^2 область определения разбивается на

k интервалов граничными точками: $x_0 < x_1 < \dots < x_{k-1} < x_k$.

Статистика χ^2 Пирсона вычисляется в соответствии с соотношением [1]:

$$\chi^2 = N \sum_{i=1}^k \frac{(n_i / N - P_i(\theta))^2}{P_i(\theta)}, \quad (1)$$

где n_i – количество наблюдений, попавших в интервал;

$P_i(\theta) = \int_{x_{i-1}}^{x_i} f(x, \theta) dx$ – вероятность попадания наблюдения в i -й интервал;

$n = \sum_{i=1}^k n_i$ – количество всех наблюдений;

$\sum_{i=1}^k P_i(\theta) = 1$ – суммарная вероятность.

Статистические свойства критериев типа χ^2 зависят от того, каким именно образом область определения случайной величины разбивается на интервалы, а также от числа интервалов группирования. При практическом использовании критериев выбирают либо интервалы равной длины, либо интервалы равной вероятности (равной частоты), либо асимптотически оптимальные интервалы (в этом случае минимизируются потери в информации Фишера).

Рекомендуемое в различных источниках количество интервалов группирования, используемое при вычислении оценок параметров, построении гистограмм, а также при проверке статистических гипотез с помощью критерия Пирсона, колеблется в очень широких пределах. Большинство из рекомендуемых формул для оценки числа интервалов

носит эмпирический характер и обычно дает завышенные величины. Практически все рекомендации по выбору числа интервалов исходят из того, чтобы при данном объеме выборки как можно лучше приблизить плотность распределения ее непараметрической оценкой (гистограммой).

Определение количества интервалов k при использовании интервалов равной длины традиционно связывается с объемом выборки n . Существующие рекомендации, однако, весьма противоречивы. Так, например, известны формулы Старджесса $k = 3.3 \lg n + 1$, Брукса и Краузера $k = 5 \lg n$, соотношение $k = \sqrt{n}$ и т.д. [2-4]. На практике же обычно руководствуются требованием, чтобы в интервалы попадало не менее 5-10 наблюдений.

Исследование влияния числа интервалов равной длины на проверку гипотез проводилось на примере анализа характеристик моделей однородно неупорядоченных дисперсных систем, полученных в результате вычислительных экспериментов [5]. Исследуемой случайной величиной являлся свободный от частицы нормированный объем ячейки Вороного (фактический объем, деленный на среднее по выборке и уменьшенный затем на минимальное полученное значение). Гипотеза о соответствии эмпирических данных двухпараметрическому распределению Вейбулла:

$$f(x) = \theta_0 \theta_1 x^{\theta_1 - 1} \cdot \exp\{-\theta_0 x^{\theta_1}\} \quad (2)$$

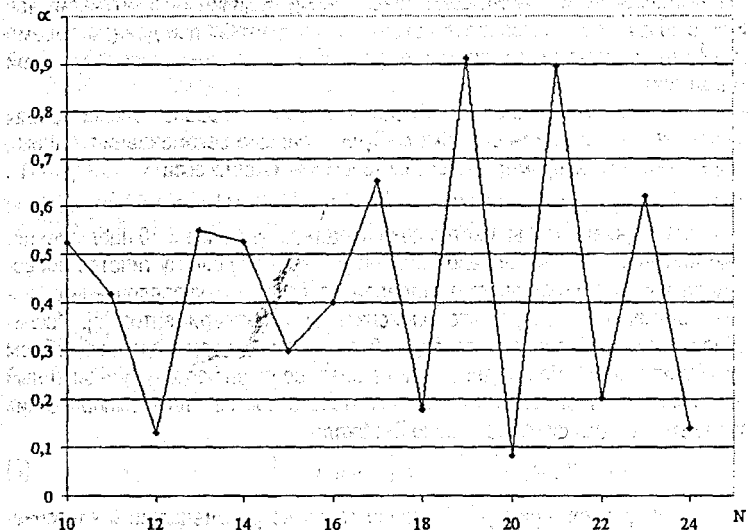
проверялась с помощью критерия χ^2 Пирсона согласно рекомендациям классических руководств по прикладной статистике. Область определения случайной величины разбивали на интервалы группирования равной величины, их число, при первоначальном разбиении, варьировалось в некотором диапазоне. Интервалы, в которые попадало менее 10 наблюдений, объединяли с соседними, в результате чего фактическое количество интервалов уменьшалось. Параметры распределения θ_0 и θ_1 оценивали методом минимизации расстояния χ^2 , после чего вычисляли статистику Пирсона X_n^2 . Принимая критическое значение $S_\alpha = X_n^2$, находили соответствующий полученной статистике, а также числу степеней свободы уровень значимости α , считая его степень согласия, или вероятностью истинности проверяемой гипотезы. Результаты анализа для двух образцов (объем выборки - 388 и 397 наблюдений) на рисунке 1. Уровень значимости α определяли согласно соотношению:

$$\alpha = 1 - \int_0^{X_n^2} \frac{t^{\frac{n-3}{2}-1} \exp\left\{-\frac{t}{2}\right\}}{2^{\frac{n-3}{2}} \cdot \Gamma\left(\frac{n-3}{2}\right)} dt \quad (3)$$

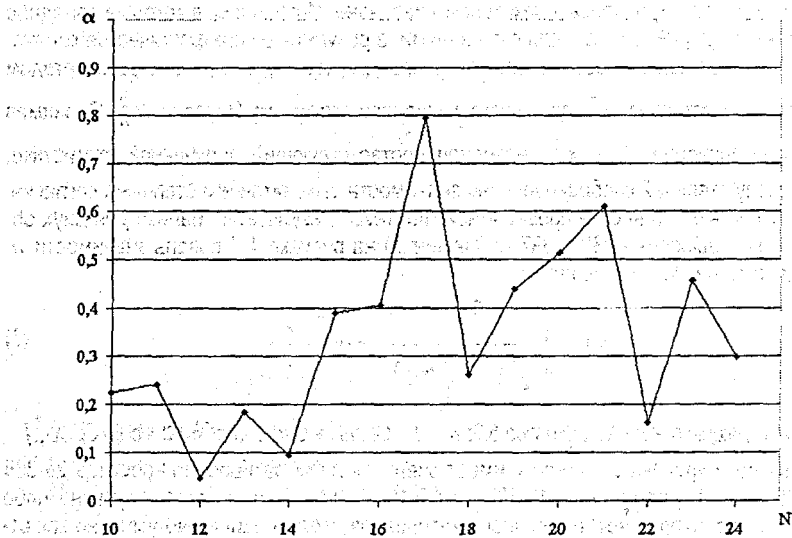
используя функцию пакета Mathematica 5.0: $\alpha = 1 - \text{Quantile}[\text{ChiSquareDistribution}[n-3], X_n^2]$.

Достижимый уровень значимости имеет очень широкий разброс: для образца 28-388 - от 0.08 до 0.91, для образца 46-397 - от 0.10 до 0.80. В результате, случайно либо преднамеренно выбрав некоторое число интервалов, можно одинаково успешно как отклонить, так и принять гипотезу, т.е. прийти к неверным статистическим выводам.

Следует заметить, однако, что оценки параметров распределения гораздо более устойчивы к числу интервалов и мало зависят от достигнутого уровня значимости.



а



б

Рис. 1. Зависимость уровня значимости α принятия гипотезы от числа интервалов N для образцов 28-388 (а) и 46-397 (б)

На основании анализа ряда публикаций (например, [6]), в которых и ранее обращалось внимание на неэффективность критерия χ^2 Пирсона с группированием данных наблюдений в интервалы равной длины, можно выделить следующие основные причины такой неэффективности:

1. Потеря информации при группировании данных наблюдений, которая, при разбиении на интервалы равной длины, является абсолютно непредсказуемой (неуправляемой). «Хорошее» разбиение, по-видимому, сильно зависит от распределения случайной величины.

2. Большинство результатов математической статистики имеют асимптотический характер, а на практике всегда имеют дело с ограниченными выборками.

3. Классические предположения математической статистики опираются, как правило, на нормальный закон распределения (например, ошибок наблюдений). Это не всегда справедливо в приложениях, а теоретическое обоснование подобных ситуаций связано с аналитически трудноразрешимыми задачами и потому отсутствует.

Таким образом, разбиение области определения случайной величины на интервалы равной длины применимо лишь для построения гистограмм или вычисления оценок параметров распределения методом минимизации расстояния χ^2 , для проверки же гипотез с помощью критерия Пирсона такое разбиение следует признать неэффективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория вероятностей. Математическая статистика. – М.: Гардарики, 1998. – 328 с.
2. Sturges H.A. The choice of classic intervals // J. Am. Statist. Assoc. – March 1926. – P. 47.
3. Штурм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. – М.: Мир, 1970. – 368 с.
4. Heinhold I., Gaede K.W. Ingeniur statistic. – München; Wien, Springer Verlag, 1964. – 352 s.
5. Ртищева М.В., Разумейчик В.С., Дереченник С.С. Анализ топологических характеристик неплотных неупорядоченных монодисперсных структур / Проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств: Сб. материалов IV Международной НТК (25-26 мая 2006, г. Новополоцк). – Т.2. – Новополоцк: ПГУ, 2006. – С. 214-217
6. Лемешко Ю.Б., Чимитова Е.В. Об ошибках и неверных действиях, совершаемых при использовании критериев согласия типа χ^2 // Измерительная техника. – 2002. – №6. – С. 5-11.

УДК 693.22.004.18

Кравивин Ю.Б.

Научный руководитель: д.т.н. проф. Головки В.А.

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ В СЕТИ INTERNET

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее быстро развивающейся технологией является Интернет, которая объединяет миллионы компьютеров, около сотни миллионов пользователей, число которых увеличивается на 50% ежегодно.

Основная часть информации в Интернете - это неструктурированное хранилище информации огромного объема, которая характеризуется высокой динамичностью. В

связи с чем, обеспечение поиска в Интернете становится критически важной задачей, которая не разрешима без соответствующих поисковых средств.

В статье рассматриваются современные системы информационного поиска в сети Интернет, основные технологии их построения, статистические закономерности существующие в текстах естественного языка, модели индексирования и поиска документов, а также использование нейронных сетей в поисковых системах.

МЕТОДЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА

Субъективно понимаемая цель идеального информационного поиска - найти все pertinentные и только pertinentные документы (найти «только то, что надо, и ничего больше»), при этом запрос должен максимально точно выражать информационную потребность, а документ должен быть максимально релевантным.

Информационный поиск производится при помощи систем информационного поиска как специальных комплексов программного, информационного и технического обеспечения.

Выполнение основных функций систем информационного поиска обеспечивается её различными структурными элементами: информационно-поисковым языком, поисковой машиной, инструментами метапоиска, тематическими рубрикаторами.

Как показывает проведенный анализ существующих поисковых инструментов в Интернете, все они имеют свои достоинства и недостатки.

По виду выдаваемой информации системы информационного поиска делят на документальные и фактографические.

К документальным системам относятся поисковые машины, средства метапоиска, рубрикаторы.

Поисковая машина представляет собой, с одной стороны Web-сервер, главная страница которого обеспечивает пользователю возможность формирования запроса. С другой стороны, она обеспечивает создание и ведение каталога Web-страниц, который позволяет выбрать адреса нужных страниц по данным, содержащимся в запросе.

Схема, поясняющая организацию работы типичной поисковой машины, представлена на рисунке 1.

Каждая из основных универсальных поисковых машин покрывает ограниченное Web-пространство Интернет. По различным оценкам, покрытие не превышает 30-40% доступных Web-страниц. При этом языковые возможности для записи поискового выражения также ограничены. Они не выходят за пределы ключевых слов и фраз, связанных операторами Буля (AND, OR, NOT) [1].

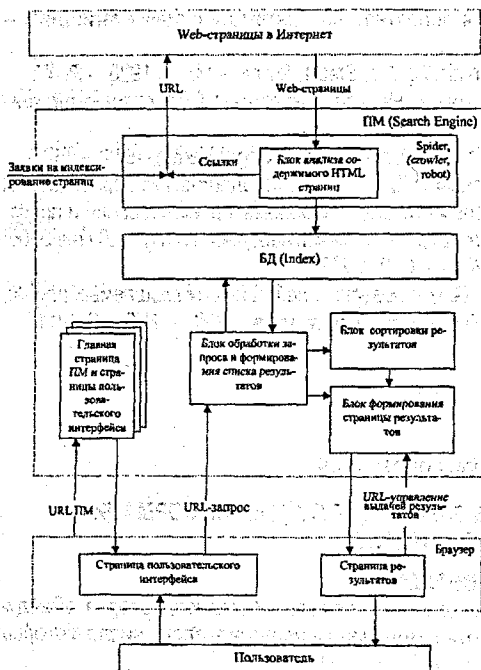


Рисунок 1 - Схема функционирования поисковой машины

Метапоисковые средства позволяют расширить область поиска практически на всё Web-пространство Интернет, используя одновременно 6-12 основных универсальных поисковых машин. Однако выразительные средства языка формирования поискового выражения остаются теми же [2].

Наиболее совершенными поисковыми инструментами на сегодняшний день являются поисковые утилиты, так как они позволяют получить результаты поиска непосредственно на компьютер пользователя и самому пользователю выполнять их дополнительный анализ в режиме off-line. При этом возможно применение более мощного языка формирования поискового выражения.

Еще одним средством поиска информации в сети Интернет являются иерархические классификаторы (директории). Они обеспечивают рубрикацию по заданным тематикам как целых сайтов, так и других электронных ресурсов.

Классификацию текстов на естественном языке называют рубрицированием.

В настоящее время практическое применение получили следующие группы классификаторов:

- статистические классификаторы, на основе вероятностных методов;
- классификаторы, основанные на функциях подобия;
- классификаторы, использующие методы на основе искусственных нейронных сетей.

Классификаторы, использующие методы на основе искусственных нейронных сетей, хорошо зарекомендовали себя в задачах распознавания изображений, и в данной статье рассматривается возможность их использования в обработке текстов на естественном языке.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

Система поиска и автоматической классификации документов в сети Интернет на основе машинного обучения реализована в виде программы на языке Java с использованием реляционной СУБД Microsoft SQL Server 7.0.

Для проведения экспериментов коллекция документов предварительно анализируется программой-индексатором. Каждому документу, расположенному по указанному адресу URL, присваивается уникальный идентификатор, осуществляется приведение слов к нормальной форме и выделение наиболее значимых слов, являющихся ключевыми для данного документа, в соответствии со статистическими закономерностями в текстах на естественном языке, определенных Дж. Зипфом, и алгоритмом индексирования Дж. Сол-тона [3]. При этом происходит пополнение документами базы данных под управлением СУБД.

Экспертом определяются наборы ключевых слов из словаря, выражающих ее смысловое содержание и однозначно описывающих рубрику. Затем, в соответствии с моделью «терм-документ» [3], эти наборы представляются в виде лексических векторов.

В описываемой системе функции автоматической классификации и поиска осуществляет нейронная сеть Хэмминга, обеспечивающая классификацию и поиск информации, представленной в виде лексических векторов запроса, рубрик и документов, и относящаяся к классу *релаксационных* [4, 5, 6] нейронных сетей. Сформированные векторы рубрик нейронная сеть рубрик запоминает на этапе обучения. Определение рубрики документа производится сетью на этапе классификации. Число нейронов выходного слоя сети определяется числом хранимых ей рубрик. Выходное значение нейронной сети определяется номером нейрона с максимальным значением выхода. Такой подход дает возможность получать на выходах нейронной сети (по номеру активизировавшегося нейрона выходного слоя) номер рубрики в соответствующих индексных таблицах базы данных рубрик и индексированных документов, к которой относится поданный на ней-

ронную сеть лексический вектор рубрицируемого документа. Поиск документов происходит подобным образом. Принятый запрос разделяется на отдельные слова и представляется в виде лексического вектора. Затем, вектор подается на нейронную сеть, определяющую номер наиболее релевантного документа в соответствующих индексных таблицах базы данных рубрик и индексированных документов. Далее вступают в действие традиционные алгоритмы по выборке и выводу конечному пользователю результатов поиска.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Оценка качества поиска предлагаемой системы осуществлялась с помощью метрик, наиболее часто используемых для оценки качества работы систем информационного поиска и являвшихся официальными метриками РОМИГ/2004 [7]: полнота (recall), точность (precision), аккуратность (accuracy), ошибка (error), F-мера (F-measure). В качестве тестового набора документов использовалась 20 Newsgroups data set [8] - коллекция документов, предоставленных в свободный доступ для проведения исследований в области автоматической обработки текстов. Для экспериментов случайным образом были выбраны 157 документов, которые необходимо было автоматически отнести к одной из 9 рубрик.

При решении задачи поиска документов, релевантных запросам пользователя, средняя точность соответствия результата запросу составила 37,6%, при этом значение полноты поиска - 56,6%. Среднее значение F-меры - единой метрики, объединяющей метрики полноты и точности, составило 0,44039. Нейронная сеть, применяемая в задаче поиска, генерирует наряду с точным решением (документом, содержащим все слова запроса), если такое можно найти, неточные решения - документы, содержащие одно или несколько слов. То есть она реализует в себе принцип работы поисковой машины, позволяющей формировать запрос на основании ключевых слов; связанных булевыми операторами И и ИЛИ одновременно.

Результаты работы системы для решения задачи классификации документов по заданным рубрикам представлены в таблице 1. Средняя точность правильного рубрицирования документов составила 83,8%, при этом значение полноты рубрицирования - 54,8%. Среднее значение F-меры для решения задачи классификации составило 0,662572.

Таблица 1 - Результаты работы системы для решения задачи классификации документов

Рубрики	Точность	Полнота	Аккуратность	Ошибка	F-мера
alt.atheism	1,000	0,125	0,95541401	0,044586	0,222222
computers	0,875	0,583	0,96178344	0,038217	0,7
comp.os.ms-windows.misc	0,857	0,429	0,94267516	0,057325	0,571429
comp.sys.ibm.pc.hardware	0,652	0,714	0,91082803	0,089172	0,681818
misc.forsale	0,857	0,400	0,93630573	0,063694	0,545455
talk.politics.guns	1,000	1,000	1	0	1
talk.politics.mideast	1,000	0,833	0,99363057	0,006369	0,909091
rec.autos	0,875	0,700	0,97452229	0,025478	0,777778
rec.motorcycles	1,000	0,167	0,93630573	0,063694	0,285714
science	0,250	0,500	0,97452229	0,025478	0,333333
sci.crypt	0,875	0,700	0,97452229	0,025478	0,777778
sci.electronics	0,333	0,091	0,92356688	0,076433	0,142857
sci.med	1,000	0,429	0,97452229	0,025478	0,6
sci.space	1,000	0,545	0,96815287	0,031847	0,705882
rec.sports	1,000	1,000	1	0	1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в статье проведен сравнительный анализ функционирования поисковых машин, средств метапоиска, тематических рубрикаторов и методов их построения, рассмотрена система поиска и автоматической классификации документов в сети Интернет, использующая теорию нейронных сетей, что подтверждает основную мысль статьи о возможности применения нейронных сетей для организации поиска информации во всемирном Web-пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс: <http://www.searchenginewatch.com/webmaster/work.html>.
2. Электронный ресурс: <http://www.searchenginewatch.com/links/Metacrawlers.html>.
3. Солтон Дж. Динамические библиотечно-информационные системы. – М.: Мир, 1979 – 230с.
4. Головки В.А. Нейроинтеллект: Теория и применения. Книга 1. Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями - Брест:БПИ, 1999, - 260с.
5. Головки В.А. Нейроинтеллект: Теория и применения. Книга 2. Самоорганизация, отказоустойчивость и применение нейронных сетей - Брест:БПИ, 1999, - 228с.
6. Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н. и др. Нейроинформатика. Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. – 296 с.
7. Кураленок И., Некрестьянов И., Оценка систем текстового поиска. // Программирование. 28(4), 2002, 226-242.
8. Электронный ресурс: <http://people.csail.mit.edu/rennie/20Newsgroups>.

УДК 004.896

Калюхович Д.О.

Научный руководитель: проф., доктор техн. наук Головки В.А.

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ РОБОТА В ЗАДАЧЕ СЛЕДОВАНИЯ ЗА ЛИНИЕЙ

Целью данной работы является разработка алгоритма управления движением робота в задаче следования за линией. Разработанный алгоритм может использоваться в качестве одной из подсистем распределенной системы управления транспортировкой грузов как между различными участками одного производства, так и между различными организационными структурами предприятия, что позволяет повысить эффективность и, как следствие, рентабельность производства. В настоящее время для слежения за направлением движения используются дорогостоящие инфракрасные датчики и CCD-камеры, что ограничивает область применения таких систем. Ввиду этого разработка алгоритма, использующего для слежения за линией относительно дешевой веб-камеры, является востребованной и актуальной задачей.

Во время реализации данного алгоритма были выполнены следующие этапы:

1. Разработка и программная реализация алгоритма детектирования линии.
2. Создание новой команды для мобильного робота MAX (рис. 1), позволяющей во время движения поворачивать его передние колеса на определенный угол.
3. Разработка и программная реализация алгоритма управления движением робота в задаче следования за линией.
4. Тестирование.

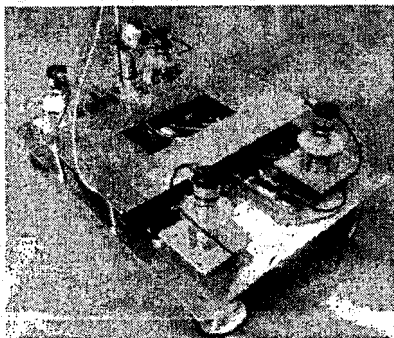


Рис. 1. Мобильный робот MAX, разработанный в лаборатории системной инженерии Высшей школы Равенсбург-Вайнгартен, Германия

Для связи установленной на мобильный робот MAX веб-камеры и управляющей программы используется свободно распространяемая библиотека OpenCV. OpenCV обеспечивает кроссплатформенный высокоуровневый программный интерфейс, который включает в себя около 300 функций и несколько C++ классов для обработки как статических

изображений, так и динамического видеопотока в реальном режиме времени. Данная библиотека не имеет ограничений на ее использование, связанное с необходимостью установки дополнительных библиотек и пакетов сторонних производителей. OpenCV является свободно распространяемым программным продуктом: ее использование как в коммерческих, так и в некоммерческих проектах бесплатно, что потенциально снижает стоимость разрабатываемого программного обеспечения.

В качестве линии, за которой должен следовать мобильный робот MAX, применяется изолирующая лента красного цвета. Данное условие определяет алгоритм детектирования линии, который заключается в следующем:

1. Задание цвета линии. Для этого используется один кадр, полученный со встроенной веб-камеры. Выделяется один фрагмент линии и берется заранее заданное количество точек, лежащих на линии. Вычисляется средний цвет и девиация около него (используется RGB-кодировка цвета). Ниже представлены экспериментальные данные:

Таблица 1. Данные для вычисления среднего цвета и девиации около него

№	R (красный)	G (зеленый)	B (голубой)
1	240	61	82
2	157	15	27
3	223	51	73
4	217	86	102
5	250	96	108
6	208	83	91
7	182	49	52
8	250	110	121
9	230	113	139
10	227	137	162
max	250	137	162
min	157	15	27
mean	215,92	80,1	95,7
std	33,84	36,4	40,08

где $\max = \max_{i=1..N} x_i$, $\min = \min_{i=1..N} x_i$, $\text{mean} = 1/N \cdot \sum_{i=1}^N x_i$, $\text{std} = 1/N \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \text{mean})^2$, N - количество точек.

во точек.

2. Вычисление для каждого пикселя степени его принадлежности $probability \in (0; 1.0]$ к красному цвету с использованием функции Гаусса:

$$red = \exp\left(-\frac{(x - 216)^2}{2 \cdot 33^2}\right), \quad (1)$$

$$green = \exp\left(-\frac{(x - 80)^2}{2 \cdot 36^2}\right), \quad (2)$$

$$blue = \exp\left(-\frac{(x - 95)^2}{2 \cdot 40^2}\right), \quad (3)$$

$$probability = red \cdot green \cdot blue. \quad (4)$$

3. Задание порога $level$. Использование следующего алгоритма для определения точек, принадлежащих линии:

Если $probability \geq level$ Тогда

Пиксель принадлежит линии,

Иначе

Пиксель является фоновой точкой.

4. Применение медианных фильтров 1×5 , 5×1 , 1×3 , 3×1 .

5. Удаление изолированных точек.

В результате работы алгоритма детектирования линии имеется бинарный массив $x_{ij} = \{0, 1\}$, где $i = \overline{1, height}$, $j = \overline{1, width}$, $height$ и $width$ - высота и ширина кадра в пикселях соответственно, $x_{ij} = 1$ только в том случае, если точка принадлежит линии, $x_{ij} = 0$ - в противном случае. При проведении экспериментов используются значения $height = 480$, $width = 640$, $level = 0.2$.

Создание команды, позволяющей во время движения поворачивать передние колеса робота на определенный угол, является необходимым, поскольку позволяет аналитически учитывать изменения направления движения и, как следствие, повысить точность управления и скорость движения.

Конструкция мобильного робота MAX позволяет задавать углы поворота и скорости движения каждого из четырех колес, чем достигается высокая гибкость в его управлении. Ниже представлена кинематическая модель поворота передних колес робота на определенный угол (рис. 2):

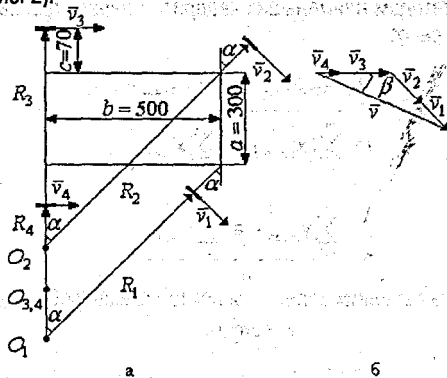


Рис. 2. Кинематическая модель поворота передних колес мобильного робота MAX: а) геометрические характеристики; б) векторы скоростей

При повороте передних колес на заранее заданный угол α происходит движение колес по окружностям с центрами в точках $O_1, O_2, O_{3,4}$ и радиусами:

$$R_1 = \frac{b}{\sin \alpha} - c, \quad (5)$$

$$R_2 = \frac{b}{\sin \alpha} + c, \quad (6)$$

$$R_3 = \frac{b}{\sin \alpha} + a + c \cdot \cos \alpha, \quad (7)$$

$$R_4 = \frac{b}{\sin \alpha} + c \cdot (\cos \alpha - 2). \quad (8)$$

Поскольку угловая скорость поворота ω всех колес одинакова при $t \rightarrow 0$ и скорость центра массы робота v задается, скорости колес определяются следующим образом:

$$v_1 = v / \sqrt{\left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{R_3 + R_4}{R_1}\right)^2} + 2 \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right) \cdot \left(\frac{R_3 + R_4}{R_1}\right) \cdot \cos \alpha,$$

$$v_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot v_1, \quad (9)$$

$$v_3 = \frac{R_3}{R_1} \cdot v_1, \quad (10)$$

$$v_4 = \frac{R_4}{R_1} \cdot v_1. \quad (11)$$

Алгоритм управления движением робота в задаче следования за линией основан на использовании параметров прямой $y = ax + b$, описывающей линию и полученной методом наименьших квадратов. Для этого исходное видео изображение, содержащее только точки, лежащие на линии, разбивается параллельными оси абсцисс прямыми на заранее известное число областей m — в экспериментах используется $m = 30$. Далее в данных областях производится вычисление среднего значения координат по осям абсцисс и ординат x_{mean}^i и y_{mean}^i , где $i = 1, m$. Ввиду наличия в полученных координатах большой зашумленности производится их свертка с усредняющими векторами $[0.33 \ 0.33 \ 0.33]$ и $[0.2 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.2]$.

В соответствии с методом наименьших квадратов параметры вышеприведенной прямой равны соответственно:

$$a = \frac{m \cdot \sum_{i=1}^m x_{mean}^i y_{mean}^i - \sum_{i=1}^m y_{mean}^i \sum_{i=1}^m x_{mean}^i}{m \cdot \sum_{i=1}^m (x_{mean}^i)^2 - \left(\sum_{i=1}^m x_{mean}^i\right)^2}, \quad (12)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^m y_{mean}^i - a \cdot \sum_{i=1}^m x_{mean}^i}{m}. \quad (13)$$

Тогда углы поворота передних колес α и центра массы робота β составляют:

$$\alpha = \arctg a, \quad (14)$$

$$\beta = \arcsin\left(\frac{v_1 + v_2}{v} \sin \alpha\right). \quad (15)$$

Для тестирования системы управления роботом была создана специальная трасса. Она представляет собой замкнутый путь с множеством поворотов различной кривизны и радиуса, а также прямых отрезков пути. Особое свойство этой трассы заключается в том, что она состоит из однородной по цвету поверхности и линии, созданной при помощи изолирующей ленты. Тестирование проводилось при скорости $v = 10$ см/с. При этом поворот передних колес робота на определенный угол направо или налево, заданный на сервере, непосредственно управляющем роботом, осуществлялся без его останова. Тестирование выявило устойчивое движение робота как во время прохождения им прямых участков трассы, так и поворотов различной кривизны, что свидетельствует о потенциальной возможности использования разработанных алгоритмов на реальных объектах в промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shailesh Lakkad. Modeling and simulation of steering systems for autonomous vehicles. Master thesis, College of Engineering, The Florida State University, 2004.
2. Giergiel M.J., Z. Hendzel, W. Zycki. Modelowanie i sterowanie mobilnych robotów kołowych. PWN, Lublin, Poland, 2002.

УДК 519.233.3

Дмитриева А.В.

Научный руководитель: доц. Дереченник С.С.

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГРУППИРОВАНИЯ ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕРКЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ

Цель данной работы – исследовать эффективность критериев согласия типа хи-квадрат при использовании метода асимптотически оптимального группирования.

В связи с тем, что разбиение области определения случайной величины на интервалы равной длины и на интервалы равной вероятности для проверки гипотез с помощью критерия χ^2 Пирсона является неэффективным и приводит к чрезвычайно неоднозначным результатам, различными исследователями предлагаются модификации такого разбиения (группирования) – например, метод асимптотически оптимального группирования данных. Метод заключается в том, что, с целью минимизация потерь количества информации Фишера при группировании, границы интервалов определяются, исходя из их количества, предполагаемого закона распределения и конкретных оценок его параметров. Метод был исследован авторами с применением компьютерного моделирования, получены граничные точки интервалов в виде, инвариантном относительно параметров распределений, и на их основе сформированы таблицы группирования для достаточно широкого ряда распределений [1-4].

Нами данный метод исследован на примере анализа характеристик моделей одномерно неупорядоченных дисперсных систем, полученных в результате вычислительных экспериментов [5].

Достижимый этим методом уровень значимости α (степень согласия) более устойчив к числу интервалов i , в целом, существенно выше, чем при разбиении области определения случайной величины на интервалы равной длины или равной вероятности. Тем не менее, и в этом методе достигаемое согласие заметно зависит от числа интервалов, разработчики же метода не имеют четких рекомендаций по выбору этого числа.

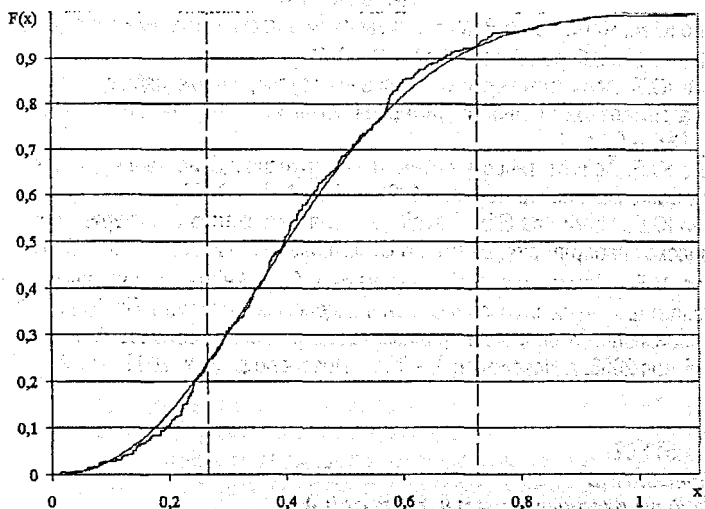
Весьма хорошее согласие достигается лишь при небольшом числе интервалов, а с ростом их числа уровень α снижается (так, в целом ряде экспериментов мы получали наилучшее согласие при группировании данных в 3 интервала, хотя такое малое их количество вряд ли отвечает известным постулатам статистики). Факт снижения согласия с ростом числа интервалов, который не отрицают и сами авторы метода, по нашему мнению, противоречит их исходным предпосылкам о том, что метод должен минимизировать потери информации при группировании данных.

С целью углубленного анализа сути метода, анализировалось также положение границ интервалов на диаграммах с теоретической и эмпирической функциями вероятности. Некоторые показательные иллюстрации приведены на рисунке 1. Видно, что границы интервалов проходят буквально через точки пересечения (либо, по крайней мере, максимального сближения) теоретической и эмпирической функций. При увеличении числа интервалов таких точек (причем достаточно удаленных друг от друга, т.к. интервалы не могут быть очень узкими) становится недостаточно. Конечно, при этом «согласие» распределений закономерно снижается. Представляется, что при асимптотически оптимальном группировании данных сохраняется, в первую очередь, та первичная (эмпирическая) информация, которая способствует подтверждению проверяемой гипотезы, что и объясняет высокие уровни значимости α , достигаемые данной модификацией способа группирования.

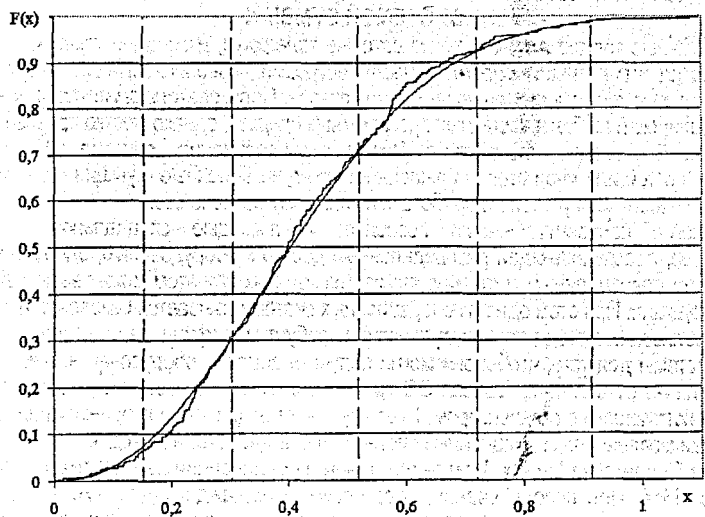
Действительно, основной теоретической предпосылкой рассматриваемого метода является минимизация потерь количества информации Фишера. Авторы метода, однако, составляют информационную матрицу Фишера, используя оценки параметров гипотетического распределения, полученные ранее по негруппированным данным той же выборки. Как известно, фишеровская информация является мерой близости распределений, поэтому ее сохранение — суть стремление к поддержанию этой близости. Иными словами, метод ориентирован на максимальное согласие с первоначально полученными оценками параметров распределения, т.е. на подтверждение гипотезы.

Аналогичный результат проверки гипотезы можно получить, находя параметры гипотетического распределения, при которых теоретическая функция наибольшего числа раз (желательно, на протяжении всей области определения случайной величины) пересекается с эмпирической функцией вероятности, либо максимально сближается к ней — после чего попросту «назначить» границы некоторого числа интервалов в таких точках пересечения (сближения). При небольшом (3-5) числе интервалов успех в подтверждении гипотезы практически гарантирован. По сути дела, рассматриваемый метод лишь формализует («автоматизирует») описанные выше действия. Заметим, что сходная «адаптивная» методика может быть применена также и для отклонения гипотез — с той лишь разницей, что с этой целью граничные точки интервалов необходимо назначать в областях наибольшего расхождения сравниваемых функций.

Таким образом, асимптотически оптимальное группирование данных следует признать весьма сомнительной процедурой для объективной проверки гипотез. Некоторый объективный (и позитивный) смысл такого метода группирования может состоять лишь применительно к проверке конкурирующих гипотез. В этом случае, однако, граничные точки интервалов группирования наблюдаемых данных должны соответствовать, наоборот, большим разностям альтернативных гипотетических распределений — с тем, чтобы надежно установить, какому из них лучше соответствует эмпирическая функция вероятности (кстати, авторы метода также упоминают о большой мощности критерия применительно к таким задачам).



а



б

Рис. 1. Положение асимптотически оптимальных границ трех (а) и шести (б) интервалов группирования эмпирических данных для образца 28-388; ломаная линия – эмпирическая функция вероятности; плавная кривая – распределение Вейбулла; пунктирные линии – границы интервалов

ЛИТЕРАТУРА

1. Лемешко Ю.Б., Чимитова Е.В. Максимизация мощности критериев типа χ^2 // Доклады СО АН ВШ. – Новосибирск: 2000. – №2. – С. 53-61.
2. Лемешко Ю.Б. Асимптотически оптимальное группирование наблюдений – это обеспечение максимальной мощности критериев согласия // Надежность и контроль качества. 1997. – №8. – С. 3-14.
3. Лемешко Ю.Б. Асимптотически оптимальное группирование наблюдений в критериях согласия // Заводская лаборатория. – 1998. – Т.64, №1. – С. 56-64.
4. Лемешко Ю.Б., Чимитова Е.В. О выборе числа интервалов в критериях согласия типа χ^2 // Заводская лаборатория/Диагностика материалов. – 2003. – Т.69. – С. 61-67.
5. Ртищева М.В., Разумейчик В.С., Дереченник С.С. Анализ топологических характеристик неплотных неупорядоченных монодисперсных структур / Проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств: Сб. материалов IV Международной НТК (25-26 мая 2006, г. Новополоцк). – Т.2. – Новополоцк: ПГУ, 2006. – С. 214-217.

УДК 004.514.62

Калиновский Р.В.

Научный руководитель: к.т.н. Костюк Д.А.

ПАРАВИРТУАЛИЗАЦИЯ ДЛЯ СМАРТФОНОВ С ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ SYMBIAN

Современные многофункциональные сотовые телефоны, известные также как смартфоны, обладают аппаратными и программными ресурсами, позволяющими сравнивать их с некоторым подмножеством персональных компьютеров. Пользователь смартфона имеет относительно широкий выбор прикладных программных средств, однако жестко привязан к одной единственной операционной системе. Поскольку операционная система (ОС) типичного смартфона в той или иной степени выполняет коммуникационные функции, ее замена приводит к неспособности устройства работать по прямому назначению.

Технология паравиртуализации позволяет с помощью специальной программы гипервизора, обеспечивающей распределенный доступ к оборудованию, одновременно работать двум операционным системам, каждая из которых при этом может выполнять собственные функции. При этом одна из операционных систем называется базовой, а другая - гостевой. Реализации метода паравиртуализации требует модифицировать гостевые операционные системы для того, чтобы они могли получить доступ к оборудованию через гипервизор. В отличие от гостевой, базовая ОС требует только написания специального драйвера, взаимодействующего с гипервизором. Поэтому в настоящий момент проекты паравиртуализации реализованы для операционных систем с открытым исходным кодом.

Проект Cooperative Linux [2] является одной из реализаций данной технологии на архитектуре i386. При использовании Cooperative Linux каждое ядро имеет собственный контекст центрального процессора и адресное пространство, и каждое ядро решает, когда отдать управление ядру-партнеру. Работа Cooperative Linux возможна под любой операционной системой, которая поддерживает загрузку драйверов.

Только одно из двух ядер может управлять физическими аппаратными средствами, а другое обеспечивается виртуальной аппаратной абстракцией. Ведущим может быть любое ядро операционной системы, которое предоставляет возможность работы с драйвером, обеспечивающим режим CPL0 - режим нулевого кольца - и выполнение распределения памяти.

Большинство изменений в патче Cooperative Linux находится в дереве i386 (единственная поддерживаемая архитектура для Cooperative на текущий момент). Другие изменения – по большей части добавления виртуальных драйверов: cobd (блочное устройство), conet (сеть), и сосоп (консоль). Большинство изменений в дереве i386 – добавление кода инициализации и установки.

Cooperative Linux использует драйвера устройств для того, чтобы обратиться к привилегированному режиму и использовать примитивы, экспортируемые ядром ведущей ОС. Основная часть драйвера – независимый от ОС код, который связывается с примитивами, зависящими от ОС: распределением страниц памяти, выводом отладочной информации и связью с пространством пользователя. Виртуальная машина (VM) Cooperative Linux связана с ресурсами процесса – с описателем (дескриптором) файла.

Вся физическая оперативная память предоставляется ядру при запуске, а некоторое фиксированное количество физических страниц выделяется для Cooperative Linux. Затем средствами трансляции обеспечивается прозрачная работа Cooperative Linux со страницами памяти. Поэтому всю память, которую Cooperative Linux считает физической, следует рассматривать как псевдо-физическую оперативную память (PRAM).

Память распределяется ведущей ОС соответствующей функцией ядра. Выделенные страницы всегда резидентны и не освобождаются, пока VM не будет завершена.

Таблицы страниц создаются для того, чтобы отображать распределенные страницы в виртуальном адресном пространстве ядра VM. Адресное пространство VM сходно с адресным пространством основного ядра – нормальная зона оперативной памяти (RAM) отображена рядом в 0xc0000000.

Адресное пространство VM также имеет собственные специальные фиксированные отображения – сами таблицы страниц отображаются в 0xfef00000, чтобы обеспечить способность транслировать адреса PPRAM в физические адреса при создании элемента таблицы страниц (PTE) для пространства пользователя. Специальная карта распределения physical-to-PPRAM, отображенная в 0xff000000, ускоряет обработку событий, таких как ошибка страницы, требующих трансляции физических адресов в адреса PPRAM.

Cooperative Linux использует только один процесс ведущей ОС, чтобы обеспечить контекст для себя и своих процессов. Этот процесс, называемый colinux-демоном, часто вызывает драйвер ядра, чтобы выполнить переключение контекста между ядром ведущей ОС и ядром гостевой ОС Linux. При частых входах (10^9 раз в секунду) в ведущее ядро, VM в состоянии полностью управлять центральным процессором и MMU, не влияя на ядро ведущей ОС. Для архитектуры i386 чтобы выполнить переключение контекста необходимо изменить значение регистра - указателя таблицы каталога верхней страницы – CR3.

Промежуточное адресное пространство определяется специально созданными таблицами страниц и в гостевом, и в ведущих контекстах и отображает тот же самый код, который используется для переключения (код прохода) в обеих используемых виртуальных адресациях. Когда происходит переключение контекста, сначала изменяется CR3, чтобы указать на промежуточное адресное пространство. Далее используя безусловный переход, EIP перемещается к другому отображению кода прохода. Наконец, CR3 изменяется так, чтобы он указывал на каталог таблицы верхней страницы другой ОС. Одна страница MMU, которая содержит код страницы прохода, также содержит сохраненное состояние одной ОС, в то время как другая выполняется. В начале переключения контекста запрещены прерывания, и текущее состояние сохраняется в странице прохода кодом страницы прохода.

При анализе аналогичных возможностей архитектуры ARM, являющейся основой современных устройств на базе ОС Symbian, были выявлены аналогичные возможности, заключающиеся в аппаратно-ускоренном быстром переключении контекста процесса – Fast Context Switch Extension (FCSE). FCSE позволяет многим программам, запущенным на процессоре ARM, использовать идентичные диапазоны адресов, гарантируя обеспечение различия предоставляемых адресов для процесса и остальной части системы памяти. FCSE обрабатывает каждый виртуальный адрес при запросе доступа к памяти для предоставления измененного виртуального адреса.

В середине кода страницы прохода восстанавливается состояние другой ОС и разрешаются прерывания. Этот процесс является родственным "нормальному" процессу переключения контекста. Так как управление возвращается ведущей ОС при каждом аппаратном прерывании, то планировщик ведущей ОС отвечает за задание интервалов времени для VM Cooperative Linux (так, как если бы VM была постоянным процессом).

Cooperative Linux должен установить таблицу векторов прерываний, чтобы обрабатывать аппаратные прерывания, которые происходят в системе. Однако Cooperative Linux только пересылает запросы прерываний ведущей ОС.

Внутренние векторы прерывания процессора (0x0-0x1f) и векторы системных вызовов (0x80) содержатся как есть, так что Cooperative Linux обрабатывает собственные ошибки страниц и другие исключения, а остальные вектора прерывания указывают на специальные программы обработки прерывания (ISR).

Когда такая ISR вызывается внешним аппаратным прерыванием в течение контекста Cooperative Linux, выполняется переключение контекста в ведущую ОС, используя код прохода. С другой стороны, адрес этого ISR ведущей ОС определен в таблице дескрипторов прерываний (IDT) ведущей ОС. Стек вызова по прерыванию подменяется и происходит переход по адресу ISR. Между запросом ISR на стороне Linux и обработкой прерывания на стороне ведущей ОС заблокирован флаг прерывания. Эти манипуляции добавляют небольшое время запаздывания обработки прерываний в ведущей ОС, но им можно пренебречь. Беря во внимание тот факт, что эта методика отсылки прерываний также связывает аппаратное прерывание по таймеру, ведущая ОС не может обнаружить, что его CR3 был подменён на небольшое время, и поэтому в результате переключения контекста не происходит никаких исключений на ведущей стороне. Чтобы обеспечить прерывания для виртуальных драйверов устройств гостевой ОС, производят изменения в коде архитектуры; добавляют виртуальный контроллер прерываний, который получает сообщения от ведущей ОС по случаю переключения и вызывает `do_IRQ()` с подменённой структурой `pt_args`. Номера прерываний виртуальны и распределены в зависимости от устройства.

Гипервизор и загрузчик Cooperative Linux выполняется базовой ОС в качестве специализированного драйвера / расширения ядра. В случае ОС Symbian этот код разделяется на две относительно независимые составляющие, которые в свою очередь могут состоять из двух компонент – интерфейса с аппаратной частью / ядром и API.

Модель драйвера устройства ОС Symbian использует два типа DLL ядра – логический драйвер устройства (LDD) и физический драйвер устройства (PDD). Это соглашение обеспечивает уровень абстракции, который помогает в переносе программного обеспечения между платформами и в добавлении новых возможностей драйверов устройств без изменения общего кода и API.

LDD обычно разрабатывается для выполнения общих функциональных возможностей, а PDD используют для того, чтобы реализовать код, зависимый от устройства.

Symbian обеспечивает стандартные LDD для периферийных устройств (драйвера медиа-устройств, контроллер USB и последовательные устройства связи). Однако изготовители телефонов часто разрабатывают собственные интерфейсы для специальных аппаратных средств, что требует разработки дополнительных LDD.

PDD управляет конкретным периферийным устройством от имени его LDD и содержит код, зависимый от устройства. PDD взаимодействует только с соответствующим ему LDD, таким образом приложение пользовательской стороны не может получить доступ непосредственно к PDD. На PDD возлагают обязанности взаимодействия с вариантными и простыми расширениями или непосредственно аппаратными средствами. Как и LDD, PDD может быть сконфигурирован для выполнения инициализации во время загрузки.

К тому времени, когда ядро готово запустить планировщик, оно требует ресурсов, которые строго не определены архитектурой центрального процессора, которые обеспечиваются расширениями. Эти расширения являются специфичными для конкретной платформы, на которой запускается ОС Symbian, и разрешаются для портирования изготовителем телефона, без непосредственной перекомпиляции ядра ОС.

Расширение состоит из двух компонентов: слой, независимый от платформы (PIL), и слой, определяемый платформой (PSL). Перечисленные слои аналогичны слоям LDD/PDD у драйверов устройств. PIL в основном отвечает за обеспечение функциональных возможностей, одинаковых у версий расширения, и определяет API с PSL, который обеспечивает связь непосредственно с аппаратными средствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Танненбаум Э. Современные операционные системы. СПб: Питер, 2002. - 1040 стр.
2. Aloni D. Cooperative Linux. // Proceedings of the Linux Symposium, vol. 1. Ottawa, Canada, 2004. - p. 3 - 11
3. Столлинс В. Операционные системы. - Мн.: Вильямс, 2004. - 848 стр.
4. Symbian OS system definition - detailed view. Symbian developer network. http://developer.symbian.com/main/downloads/papers/SymbOS_cat/SymbianOS_cat.html. 2007.
5. Горнаков С. Symbian OS. Программирование мобильных телефонов на C++ и Java 2 ME. - Мн.: ДМК, 2005. - 448 стр.
6. Brash D. The ARM Architecture Version 6 (ARMv6). ARM White Paper, January 2002. - 15 pp.

УДК 004.514.62

Калиновский Р.В.

Научный руководитель: к.т.н. Костюк Д.А.

ТЕХНОЛОГИЯ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СМАРТФОНОВ

В настоящее время наблюдается бурное развитие технологий виртуализации операционных систем, позволяющих получить все многообразие программных платформ пользователя на единой аппаратной платформе вне зависимости от ее типа. Всплеск популярности вызван в первую очередь возросшими вычислительными возможностями аппаратуры, а также наличием значительного количества системного программного обеспечения с открытым исходным кодом, что облегчает его изучение и модификацию.

Современные многофункциональные устройства мобильной связи, известные также как смартфоны, при портативных размерах имеют аппаратные и программные ресурсы, зачастую сравнимые с таковыми у персональных компьютеров начального уровня (а по

отдельным показателям и превышающие их). Однако средства виртуализации на данной платформе носят зачаточный характер, ограничиваясь эмуляторами различных бытовых игровых компьютеров. Вместе с тем, из-за многообразия и экзотичности программных платформ смартфонов; рынок прикладного программного обеспечения для них далек от насыщения. С этой точки зрения виртуализация полнофункциональной прикладной платформы представляется актуальной, т.к. обеспечивает простую возможность переноса соответствующего ей парка программного обеспечения.

Использование виртуализации в вычислительных системах может быть продиктовано различными причинами. Наиболее распространенная цель ее применения на серверах - консолидация сервера - обосновывается тем, что при виртуализации нескольких загруженных не до конца систем на одном сервере возможен выигрыш в мощности, пространстве, охлаждении и администрировании из-за наличия меньшего количества физических серверов. Поскольку определить степень использования сервера может оказаться не так просто, возможна поддержка технологий виртуализации, называемой оперативным перемещением или горячей миграцией. Технология оперативного перемещения позволяет переносить на новый сервер операционную систему и его приложения, чтобы балансировать нагрузку по доступным аппаратным средствам.

Также виртуализация активно применяется при разработке программного обеспечения. Отказ ядра операционной системы (ОС) или любого из его драйверов (в случае монолитных ядер) приводит к краху всей ОС. Виртуализация позволяет одновременно выполнять несколько ОС, и, если одна из них терпит крах из-за ошибки, другие ОС продолжают работать. Это упрощает отладку ядра до уровня отладки в пространстве пользователя.

К этой же категории относится использование средств виртуализации для исследования потенциально-опасного программного кода (вирусные и шпионские программы).

Последней областью применения виртуализации является запуск инородного прикладного программного обеспечения. В той или иной степени эмуляция частей операционных систем использовалась довольно давно. Так, для запуска пользовательских приложений Windows 3.1 в операционных системах Apple MacOS и в IBM OS/2 использовалось специальное программное обеспечение, имитировавшее прикладные программные интерфейсы Windows. Схожую функцию выполняет проект Wine для ОС Unix.

Другим примером виртуализации прикладного уровня является технология Rosetta, применяемая в последних версиях Apple MacOS X в связи с переходом с аппаратной платформы Power PC на платформу Intel. С помощью данной технологии пользователь получает возможность прозрачно запускать на современных компьютерах программное обеспечение, написанное под прежнюю аппаратную платформу. Данный метод несет значительную вычислительную нагрузку. Однако данные издержки более чем оправданы, учитывая обширный парк прикладного программного обеспечения, накопленный для платформы Power PC и благодаря эмуляции аппаратных средств доступный на современных компьютерах Apple.

Три названные категории задач, решаемых с помощью виртуализации - консолидация сервера, виртуализация для исследования и отладки, виртуализация для переноса программного обеспечения - в большей или меньшей степени актуальны для смартфона. Наиболее целесообразной представляется все же виртуализация для запуска инородного прикладного программного обеспечения. Само по себе это является наиболее быстрым способом перенести накопленную базу приложений на новую платформу. Однако, если персональная ЭВМ допускает установку нескольких операционных систем с

последующей их поочередной загрузкой для решения различных задач, то в случае устройств мобильной связи это невозможно. Типичная операционная система смартфона выполняет также основные функции коммуникаций. Установка на устройство универсальной ОС приводит к тому, что основное назначение, — связь — становится недоступным. Таким образом, использование виртуализации и гостевых ОС является единственным приемлемым способом расширения базы прикладных приложений смартфона за счет быстрого переноса кода из операционных систем общего назначения.

Существуют различные способы реализовать виртуализацию. Наиболее распространенные методы - аппаратная виртуализация, полная виртуализация и паравиртуализация.

Аппаратная эмуляция, самый сложный из методов виртуализации, предполагает, что на основной системе создается аппаратная виртуальная машина (VM), эмулирующая необходимые аппаратные средства. Главная проблема аппаратной эмуляции - высокие требования к вычислительным ресурсам. Поскольку каждая команда должна моделироваться на используемом оборудовании, происходит замедление выполнения в сотни раз. Если эмулируемое аппаратное обеспечение включают конвейеры центрального процессора и блоки кэширования ветвлений, фактическое уменьшение скорости может быть порядка тысяч раз. Аппаратная эмуляция имеет и преимущества. Например, использование аппаратной эмуляции позволяет выполнить немодифицированную операционную систему, предназначенную для другой аппаратной платформы. Одно из наиболее востребованных применений аппаратной эмуляции - одновременная разработка встроенного программного обеспечения и аппаратных средств.

Модификацией аппаратной эмуляции является метод двоичной трансляции, при которой инструкции эмулируемой аппаратной платформы налету переводятся в команды платформы реальной. Такой подход позволяет несколько увеличить скорость выполнения программ приложений. Наибольшее распространение этот метод получил однако в сфере кроссплатформенных систем программирования, таких как Java и NET, в которых кроссплатформенность достигается тем, что программы транслируются в платформонезависимый байт-код и выполняющихся на виртуальном оборудовании, не соответствующем в действительности ни одной из существующих аппаратных платформ. Трансляция одного участка кода производится один раз за время работы программы, что и обеспечивает прирост в производительности. Хотя использование двоичной трансляции дает преимущества, вместе с тем усложняется работа виртуальной машины и налагаются на нее дополнительные требования.

Полная виртуализация является другим распространенным методом. Эта модель использует монитор виртуальной машины, который является посредником между гостевыми операционными системами и аппаратными средствами. Определенные защищенные инструкции должны быть перехвачены и обработаны гипервизором, который обеспечивает разделение реального оборудования между операционными системами. Полная виртуализация быстрее, чем аппаратная эмуляция, но из-за посредничества гипервизора выполнение программ все-таки замедленно. Огромное преимущество полной виртуализации - отсутствие необходимости модифицировать операционную систему. Единственное ограничение состоит в том, что операционная система должна поддерживать используемое оборудование.

Паравиртуализация имеет некоторое сходство с полной виртуализацией. Этот метод использует гипервизор для распределенного доступа к используемому оборудованию, но интегрирует выполняющий виртуализацию код в операционную систему непосредственно. Этот подход устраняет потребность в любой перекомпиляции или перехвате, потому что сами операционные системы сотрудничают в процессе виртуализации.

Недостатком паравиртуализации является то, что при реализации метода необходимо модифицировать гостевые операционные системы, однако достигаемая скорость выполнения не намного ниже, чем системы без виртуализации. Как и у метода полной виртуализации, возможна поддержка нескольких различных операционных систем одновременно.

Современный смартфон является полнофункциональным широкопрофильным компьютером, возможности которого далеко выходят за пределы изначальной коммуникационной функции, охватывая ведение баз данных, получение и обработку изображений, работу с файловой системой и файлами различных форматов на сменных носителях, выполнение игровых и развлекательных задач. Средства виртуализации могли бы еще более расширить возможности таких устройств.

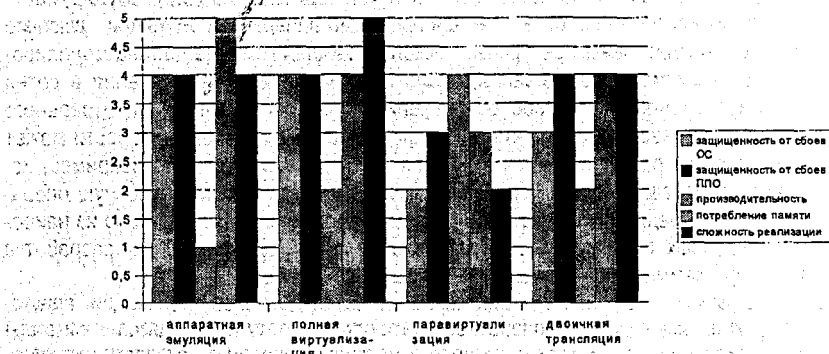


Рисунок 1 – Сравнение технологий виртуализации

На рис. 1. приведен результат сравнения описанных технологий виртуализации, приведенный к условной пятибалльной шкале. В число сравниваемых характеристик были включены способность ОС и прикладного программного обеспечения противостоять сбоям в работе системы, производительность, потребление памяти и сложность реализации. Смартфон накладывает на них следующие требования:

- Способность ОС и прикладного программного обеспечения противостоять сбоям в работе системы – умеренно-высокая (поскольку смартфон обычно не относится к числу критичных к случайным сбоям устройств, таких как системы жизнеобеспечения, медицинского и технического мониторинга и др.).
- Производительность – высокая, учитывая ограниченные ресурсы устройства.
- Потребление памяти – низкое, также исходя из ограниченных аппаратных ресурсов.
- Сложность реализации – низкая.

Как видно из рисунка, технология паравиртуализации идеально соответствует выбранным критериям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Танненбаум Э. Современные операционные системы. - СПб: Питер, 2002. - 1040 стр.
2. Aloni D. Cooperative Linux. // Proceedings of the Linux Symposium, vol. 1. Ottawa, Canada 2004. - p. 3 – 11

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ УСТРОЙСТВА МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С НАРУШЕНИЯ ВОСПРИЯТИЯ АЛФАВИТНОЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

По данным различных авторов, распространенность нарушений чтения среди детей с нормальным интеллектом довольно велика (неспособность (или затрудненность) овладения письмом и чтением при сохранном интеллекте и физическом слухе называется соответственно дисграфия и дислексия). В европейских странах насчитывается до 10% детей с дислексиями [1]. Чаще всего дислексия и дисграфия наблюдаются одновременно, но иногда они могут встречаться изолированно. В ряде случаев присутствует также полная неспособность читать – алексия, полная неспособность писать – аграфия.

Для восприятия людей, относящихся к данной категории, характерен ряд особенностей [1]:

- они могут использовать способность мозга изменять и создавать восприятия;
- в высокой степени осознают окружающую обстановку;
- мыслят в основном образами, а не словами;
- имеют высокоразвитую интуицию и проницательность;
- думают и воспринимают в многомерном представлении, используя все органы чувств.

На сегодняшний день данная категория людей лишена многих преимуществ современного мира. Информация, которая окружает человека повсюду, представлена, как правило, набором символов и цифр, что значительно осложняет доступ к ней дислексиков. Развитие информационных технологий и мультимедийного представления информации дает возможность людям с дислексическими и дисграфическими нарушениями более полно взаимодействовать с окружающим миром, позволяет занимать более активную позицию в жизни общества.

Одной из областей, самым непосредственным образом связанных с развитием информационных технологий, является мобильная связь. Однако существующие конструкции и программные интерфейсы мобильных телефонов никак не задействуют имеющиеся широкие возможности для людей с ограниченными возможностями восприятия текста.

Для решения этой проблемы нами разработан альтернативный графический пользовательский интерфейс устройства мобильной связи, основанный на мультимедийном представлении информации (в первую очередь - посредством графических образов).

Особенности разработанной программной оболочки диктуют следующие требования к аппаратному обеспечению:

- возможность совершать звонки, не набирая телефонный номер;
- замена имен в телефонном справочнике аудио-визуальными обозначениями (фотография абонента, запись голоса и т.д.);
- аудиовоспроизведение входящих текстовых сообщений.

Исходя из специфики целевой группы проектируемой программно-аппаратной системы, выбор аппаратного обеспечения является функцией следующих критериев:

- отсутствие аппаратно реализованных символов и цифр (например, надписей на кнопках) или возможность легко от них абстрагироваться;
- наличие большого сенсорного экрана, позволяющего реализовывать органы управления телефоном программно;
- возможность и трудоемкость написания для телефона программной оболочки, ориентированной на дислексиков;

- доступность аппарата по цене;
- наличие камеры, позволяющей заносить в память аппарата идентификационные графические образы.

На основе приведенных критериев был осуществлен информационный поиск, выявивший ряд потенциально пригодных аппаратов. Все выбранные аппараты представляют из себя смартфоны с большим сенсорным экраном. Из существующих на сегодняшний день представителей рынка смартфонов наиболее подходящими для реализации разработанной программной оболочки являются смартфоны Apple iPhone, OpenMoko Neo1973 и Motorola ROKR E6.

Смартфон Apple iPhone является многофункциональным аппаратом. Большой дисплей со сравнительно небольшими габаритными размерами, большой объем встроенной памяти, наличие высококачественной камеры дает обширные возможности для применения iPhone к реализации, как аппаратной, части, разрабатываемого ПО. Но возможности разработки ПО для iPhone ограничены необходимостью одобрения компанией-разработчиком – Apple, поскольку без прохождения данной процедуры запуск собственных программных разработок на данном аппарате невозможен. Кроме того, следует отметить потенциально высокую цену телефона, характерную для продукции Apple в целом.

Смартфон Motorola ROKR E6 с сенсорным экраном на базе операционной системы Linux привлекателен тем, что для используемой операционной системы уже реализовано аудиовоспроизведение текста, необходимое для помощи пользователю в чтении входящих SMS-сообщений.

Смартфон OpenMoko Neo 1973 имеет полностью открытый код. Это позволяет редактировать интерфейс и изменять его под необходимые задачи с минимальными затратами. Другой особенностью аппарата является большой сенсорный экран с разрешением 480x640 пикселей. OpenMoko также является платформой, основанной на Linux.

На рисунке 1 показана сравнительная характеристика телефонов по таким критериям, как количество аппаратно реализованных органов управления, размер дисплея и объема памяти телефона. Наличие большого объема памяти предоставляет дополнительные возможности аппарату. Одним из важных критериев выбора смартфона для реализации данного программного проекта является минимальное количество аппаратно-заданных элементов интерфейса и наличие большого сенсорного экрана. В данной категории преимущества имеют iPhone, OpenMoko Neo1973. iPhone является представителем аппарата с наибольшим объемом памяти, но все остальные смартфоны имеют слоты для того или иного вида карт памяти.

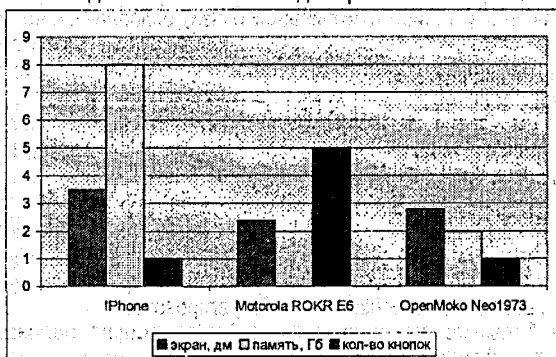


Рисунок 1 - Соотношение количества аппаратных кнопок, размера экрана и объема встроенной памяти

Т.о. Neo 1973 фирмы OpenMoko является самым подходящим для реализации ПО для людей с нарушением восприятия алфавитно-цифровой информации. В нем перечислены все преимущества, которые были описаны выше – большой сенсорный дисплей, платформа Linux, доступность по цене и полностью открытый код.

На рисунке 2 представлен разработанный прототип интерфейса, адаптированный для смартфона Neo 1973. В настоящий момент программное обеспечение реализовано в виде модели для настольной ЭВМ.



Рисунок 2 – Модифицированный Neo 1973

Стационарные органы управления телефоном реализованы программно в виде активных сенсорных изображений, отображаются в нижней части экрана и выполняют следующие функции:

- «позвонить»;
- «положить трубку»;
- «телефонной книги»;
- «записать новый номер»;
- «передать свой номер»;
- «удалить абонента»;
- «сфотографировать»;

Предусмотренное разработанной моделью интерфейса колесо прокрутки, осуществляющее скроллинг списка абонентов телефонной книги, отсутствует в Neo1973 в виде аппаратной реализации. Возможные варианты включают адаптацию аппаратной части смартфона или программную реализацию скроллинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Центр помощи дислексикам. <http://www.dsix.ru/>, 01.04.07
2. «Первая Motorola MOTOROKR E6 с сенсорным экраном». <http://www.indamb.ru/hitech/mobiles/>, 22.12.06
3. «Сотовый телефон OpenMoko Neo 1973 с открытым кодом». <http://www.mobilewhack.com/>, 01.04.07
4. «Новый мобильный телефон с сенсорным экраном». <http://www.thg.ru/>, 29.04.05
5. Раскин Дж. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. - СПб.: Символ-Плюс, 2003. 272 стр.

УДК 004.514.62

Русак Д. Л.

Научный руководитель: к.т.н. Костюк Д.А.

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС УСТРОЙСТВА МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ, СТРАДАЮЩИХ ДИСЛЕКСИЧЕСКИМИ НАРУШЕНИЯМИ

Письменная речь состоит из двух видов речевой деятельности – письма и чтения. Но в нашем обществе есть люди с нарушением восприятия алфавитно-цифровой информации – это дислексики.

На сегодняшний день мобильный телефон стал неотъемлемой частью человеческой жизни. Однако в силу ограниченных возможностей дислексиков, использование мобильной связи для них невозможно или сопряжено со значительными трудностями. Это касается не только текстовых сообщений, но и взаимодействия с пользовательским интерфейсом аппарата как таковым. Несмотря на активное использование мультимедийных возможностей в современных сотовых телефонах, коммуникаторах и смартфонах, основа интерфейса по-прежнему является текстовой. Это связано как с традиционно сложившейся ситуацией, так и с особенностями технологии сотовой связи (использование цифровых номеров и текстовых команд).

Чтобы мобильный телефон стал доступным для людей с нарушениями восприятия алфавитно-цифровой информации, необходимо реализовать ПО, осуществляющее диалог пользователя посредством графических изображений. Эти пиктограммы будут подсказывать пользователю, какая функция будет запущена при нажатии той или иной кнопки.

Для представления абонентов в телефонной книге используются растровые изображения – в силу специфики целевой аудитории аппарата.

Активным компонентом программной оболочки является набор графических подсказок, позволяющих пользователю получить представление о функции той или иной программно-реализованной клавиши.

Типовая структура задействованного диалога - диалог на основе меню, представленного полноцветными пиктограммами. Данная структура диалога может применяться как для ввода управляющих сообщений, так и вывода данных.

Тип интерфейса – однооконный, на основе сенсорного экрана.

Для целевой группы пользователей проблематична авторизация с помощью PIN-кода, однако средства биометрической идентификации требуют модификации аппаратного обеспечения и/или задействования значительных вычислительных ресурсов, недоступных процессору типичного смартфона. Поэтому вход в систему осуществляется простым запуском программы-оболочки (включением реального устройства).

Управляющим процессом, отвечающим за организацию взаимосвязи приложений, служит главное меню телефона, содержащее в своей реализации цикл ожидания команд. После нажатия пользователем на какую-либо из выведенных на экран изображений-кнопок, программа переходит в выбранное приложение.

Проведенный анализ требований позволил выделить следующие функциональные модули разрабатываемой программной модели:

- включение и выключение телефона
- выбор функции меню
- звонок абоненту
- просмотр записной книжки
- выбор номера из записной книжки
- запись нового номера
- удаление номера
- начало и прекращение разговора
- передача собственного номера
- возврат в предыдущее меню
- зарядка батареи

Большинство перечисленных функций реализовано в той или иной степени присутствующих на рынке аппаратах. Наиболее новой является функция переда-

номера. Поскольку возможности владельца аппарата к набору и запоминанию номера ограничены, единственным приемлемым вариантом для него является передача своего номера «визитной карточки» всем находящимся поблизости устройствам по интерфейсу bluetooth или irda.

По причине ориентированности целевой аудитории на более активное использование дополнительных каналов восприятия информации, следует предусмотреть аудиосопровождение действий пользователя и тактильную обратную связь в виде вибрации, подтверждающей получение команды.

Разработка сценария диалога для решения задач на уровне сущность-действие предполагает определение предметной области, перечня операций и служебных объектов.

Предметной областью является абонент. Операции, которые к нему применимы: «позвонить абоненту», «записать нового абонента» и «удалить абонента».

Граф сценария решения задач представлен на рисунке 1.

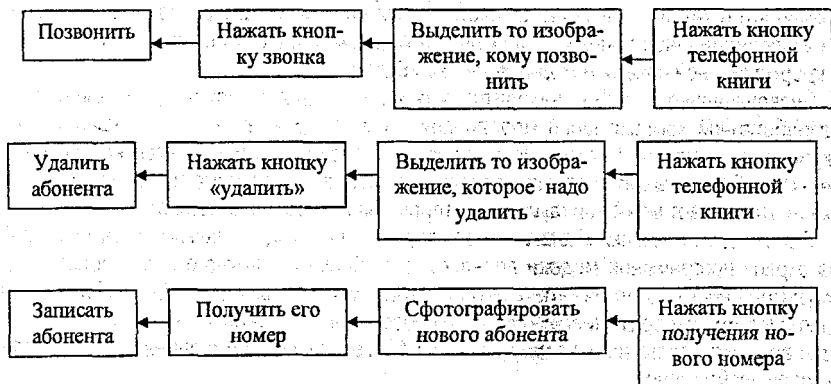


Рисунок 1 - Сценарий решения задач на уровне «сущность-действие»

Целесообразно выделить 2 главных типа панелей: информационную, расположенную вверху экрана, и панель ввода, занимающую его нижнюю часть.

Информационная панель отображает меню действий, доступных пользователю в данный момент, и сопровождающую их информацию. Панель ввода отображает константные функции телефона в виде кнопок.

Панель ввода – постоянная панель, а информационная панель изменяется в зависимости от того, какую функцию запустил пользователь.

Информационная панель может находиться в следующих режимах:

Панель индикации зарядки батареи

Панель отображения списка абонентов

Панель отображения процесса получения нового номера

Панель отображения того, что видит камера первоначально

Панель отображения процесса передачи собственного номера

Панель отображения входящего звонка

Панель индикации зарядки батареи будет отображать количество оставшейся энергии, тем самым пользователь будет знать, сколько времени телефон может еще работать. Так же данная панель будет отображать процесс зарядки.

Панель отображения списка абонентов является полем выбора. Здесь пользователь выбирает того, кому хочет позвонить или просто просматривает список звонков.

Панель отображения процесса получения нового номера – это информационная панель. Она должна показывать, что телефон находится в процессе получения номера нового абонента и отображать фото владельца.

Панель отображения того, что видит камера первоначально, должна заставить пользователя запомнить, что для того чтобы сфотографировать, надо привести объектив камеры на объект.

Панель отображения процесса передачи собственного номера, по сути, то же, что и предыдущая, только здесь уже сам пользователь передает свой номер на другой телефон, а изображение фото меняется на фото хозяина.

Панель отображения входящего звонка отображает фото звонящего или звонящему.

Панель ввода состоит из областей кнопок, которыми пользователь вызывает различные функции телефона. Область кнопки прокрутки телефонной книги находится на информационной панели, для большей информативности ее назначения. Также на информационной панели находится кнопка «Вкл/выкл».

Первоначально телефон находится в режиме ожидания действий пользователя. В разработанной компьютерной модели при этом отображается сам телефон и пустой экран с индикатором батареи. Вид кнопок и телефона не изменяется на протяжении сеанса работы, меняется только содержимое экрана. После нажатия какой-либо кнопки экран отображает меню той функции, которая была выбрана пользователем.

После нажатия кнопки «Новый номер» телефон переходит в режим съемки камерой, а на экране программной модели появляется изображение ночного неба. Пользователю эмулятора необходимо нажать правую клавишу мыши, для того чтобы выбрать файл с графическим изображением «сфотографированного» абонента; если это не будет сделано, для нового номера будет записано имеющееся по умолчанию в программной модели изображение.

После того как фото выбрано, должна быть нажата кнопка «Сделать фото», после чего изображение сохраняется в списке телефонной книги, а на экране телефона несколько секунд отображается процесс получения нового номера. Затем телефон возвращается в главное меню.

За передачу номера отвечает кнопка «Передать свой номер». На экране несколько секунд отображается процесс передачи собственного номера, после чего телефон вернется в главное меню.

Для того чтобы осуществить звонок, следует нажать кнопку «Телефонная книга», после чего на экране появляется соответствующее окно. Так же можно использовать книгу исходящих звонков, выбрав в главном меню кнопку «Звонить». Пользователь программной модели должен выбрать изображение того, кому он хочет позвонить, выделив его курсором мыши, а на реальном аппарате – прикосновением пальцем к соответствующей области сенсорного экрана. Если на экране не поместились изображения всех абонентов телефонной книги, надо воспользоваться колесом прокрутки. После того как абонент выбран нажатием кнопки «Позвонить», на экране появляется изображение того, кому звонят. Для того, чтобы положить трубку, надо нажать красную кнопку «Положить трубку». Телефон вернется в главное меню.

Удаление номера осуществляется нажатием кнопки «Телефонная книга», выбором номера и нажатием кнопки «Удалить номер». При этом номер удаляется из списка, а телефон переходит в главное меню.

Чтобы зарядить телефон в разработанной программной модели надо нажать соответствующую кнопку «Зарядка телефона». После этого индикатор батареи переходит в режим отображения процесса зарядки телефона. Телефоном можно пользоваться и во время зарядки.

Для того чтобы отклонить звонок, надо нажать на красную кнопку.

Навигация пользователя в системе меню сопровождается вибрацией телефона, подтверждающей сделанный пользователем выбор.

Реализация данного подхода не может быть не востребована, т.к. делает возможным диалог технологии и людей с нарушениями восприятия алфавитно-цифровой информации. Следует отметить, что данный подход применим не только к средствам мобильной связи, но может с успехом использоваться в любом компьютеризированном устройстве, имеющем графический пользовательский интерфейс.

ЛИТЕРАТУРА

Раскин Дж. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. - СПб.: Символ-Плюс, 2003. 272 стр.

Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Т. 1. - М.: "Мир", 1982. - 310 стр.

Tamponi E. Communication between Xorg, Xgl, and an OpenGL client, through libGL and the GLX Protocol. 2006. <http://principe.homelinux.net>

УДК 519.876.5: 544.77.022

Бычук Т.Н.

Научный руководитель: доц. Дереченник С.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОУПАКОВАННЫХ АМОРФНЫХ СТРУКТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Цель данной работы – исследовать свойства однородности (аморфности) неупорядоченных упаковок монодисперсных частиц, получаемых при изотропном сжатии менее плотных структур с применением техники молекулярной динамики.

Метод молекулярной динамики, как частный случай метода частиц, важен тем, что позволяет исследовать влияние внутренней структуры материала на его механические свойства. С его помощью можно также определить изменение свойств вещества, вызванное изменением его объема, например, при изотропном сжатии. Техника молекулярной динамики при моделировании макроскопического поведения материала позволяет получить упаковку с анизотропными либо изотропными механическими свойствами, дело стоит лишь за выбором потенциала и силы межатомного взаимодействия.

Моделирование методом молекулярной динамики – процедура, в которой используются случайные числа (случайные величины), и чтобы использовать такие входные данные, необходимо определить распределения вероятностей. В зависимости от решаемой задачи применяют непрерывное или дискретное распределение. К первому относятся: нормальное, логнормальное и экспоненциальное распределения, гамма-распределение и бета-распределение, распределение Пирсона и распределение Вейбулла, распределение Джонсона и треугольное распределение. Из дискретных распределений часто применяют равномерное, геометрическое и биномиальное распределения, а также используют распределение Бернулли и распределение Пуассона [1].

В данной работе при генерации начальных координат частиц было выбрано распределение Джонсона, т.к. оно дает возможность получить ряд равновероятных значений, что, в свою очередь, сокращает время на их перерасчет:

$$F(x) = \begin{cases} \Phi \left[\alpha_1 + \alpha_2 \ln \left(\frac{x-a}{b-x} \right) \right], & \text{если } a < x < b, \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (1)$$

где $\Phi(\bullet)$ – функция нормального распределения случайной величины.

Одним из главных достоинств техники молекулярной динамики при моделировании макроскопического поведения материала является возможность получения упаковки с анизотропными либо изотропными механическими свойствами – дело стоит лишь за выбором потенциала и силы межатомного взаимодействия.

Потенциал взаимодействия в динамике частиц играет такую же роль, что и определяющие уравнения в механике сплошной среды. Однако структура потенциала неизмеримо проще, чем у определяющих уравнений, так как он представляет собой скалярную функцию расстояния, в то время как определяющие уравнения представляют собой операторы, в которые входят тензорные характеристики напряженного состояния и деформирования, а также термодинамические величины [2]. Конкретный вид потенциала взаимодействия частиц определяется из сравнения механических свойств компьютерного и реального материалов.

При моделировании методом молекулярной динамики возможно использование различных потенциалов взаимодействия, в данной работе использован потенциал (и сила межчастичного взаимодействия) Леннарда-Джонса, который весьма точно описывает свойства ряда материалов и имеет приемлемую вычислительную сложность:

$$\Pi(r) = D \left[\left(\frac{a}{r} \right)^{12} - 2 \left(\frac{a}{r} \right)^6 \right], \quad (2)$$

где D – энергия связи ($D=1$),
 a – длина связи ($a=10$).

Зависимость потенциала от межчастичного расстояния приведена на рисунке 1.

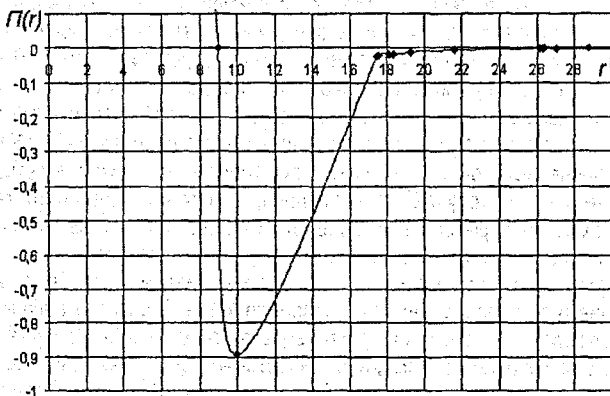


Рисунок 1. Зависимость потенциала Леннарда-Джонса от межчастичного расстояния

Для реализации метода молекулярной динамики в процессе упаковки многочастичной модели с начальной аморфной структурой использован алгоритм изотропного сжатия.

К сожалению, конечная плотность структуры ограничена состоянием равновесия частиц, т.к. далее появляются огромные силы отталкивания между частицами, которые приводят к высоким скоростям их движения. Эта особенность существенно увеличивает время изотропного сжатия. Изображение начальной упаковки полидисперсной модели вещества представлено на рисунке 2, а конечной упаковки – на рисунке 3.

После завершения процесса упаковки анализировалась структурная однородность полученных упаковок, масштаб которой может в несколько раз превышать размеры атомов (частиц) [4]. Природа таких неоднородностей может быть различна и вызываться, например, противоречием между стремлением атомов организовать локальную структуру и невозможностью распространить ее на все пространство. Стандартным инструментом исследования однородности вещества является радиальная функция распределения, результаты расчета которой для исследованных моделей приведены на рисунке 4.

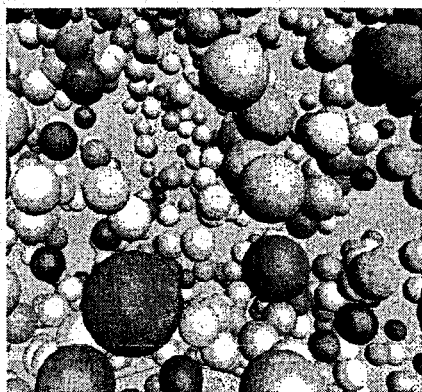


Рисунок 2. Изображение монодисперсной модели материала (начальная упаковка)

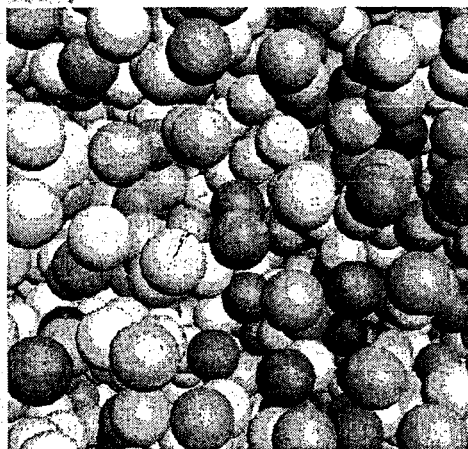


Рисунок 3. Изображение монодисперсной модели материала (упаковка после изотропного сжатия)

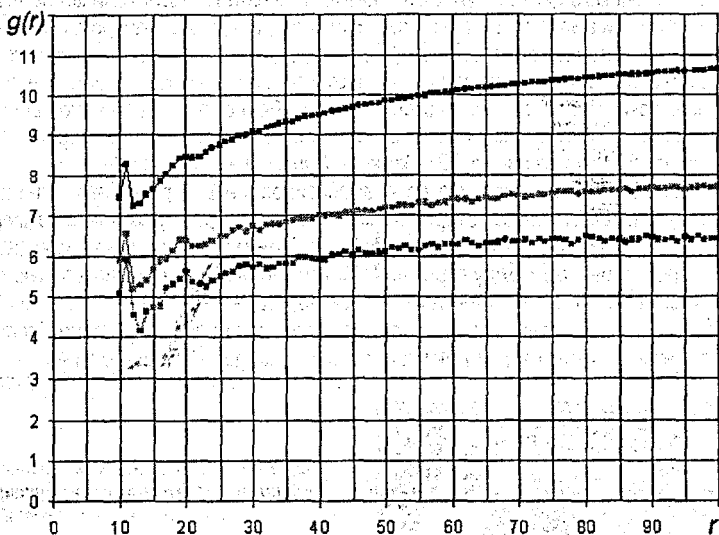


Рисунок 4. Радиальная функция распределения для многочастичной аморфной структуры с количеством атомов 500, 1000 и 5000 (снизу вверх)

Таким образом, путем компьютерного моделирования многочастичной системы и ее анализа посредством радиальной функции распределения показано, что алгоритм изотропного сжатия структуры с использованием потенциала Леннарда-Джонса позволяет получать изотропные упаковки частиц – т.е. модели однородно неупорядоченных (аморфных) монодисперсных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лоу А., Кельтон В. Имитационное моделирование. Классика CS. – С.-Пб.: Питер, 2004. – 847 с.
2. Krivtsov A.M. Molecular Dynamics Simulation of Impact Fracture in Polycrystalline Materials // *Mechanica*. – 2003. – № 38. – С. 61–70.
3. Волошин В.П., Медведев Н.Н. Исследование препика структурного фактора. Анализ неоднородных упаковок Леннарда-Джонсовских атомов // *Журнал структурной химии*. – 2005. – Том 46, №1. – С. 96-100.
4. Дереченник С.С., Разумейчик В.С., Тур В.В. Закономерности топологической неупорядоченности в плоских сечениях и объемах дисперсных систем // *Вестник Брестского государственного технического университета. Строительство и архитектура*. – 2005. – № 2 (32). – С. 18-25.
5. Ртищева М.В. Дереченник С.С., Разумейчик В.С. Анализ топологических характеристик неупорядоченных монодисперсных структур / *Проблемы проектирования и производства РЭС: Сб. материалов IV Международной НТК (25-26 мая 2006, г. Новополоцк)*. – Т.2. – Новополоцк: ПГУ, 2006. – С. 214-217.

АВТОНОМНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ УСТАНОВКИ АКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Автоматизация проведения экспериментальных измерений, накопления, первичной обработки, визуализации и систематизации полученных результатов позволяет значительно сократить временные и трудовые затраты исследователя, приближая тем самым практическое внедрение новых технических решений. Использование программного обеспечения в качестве виртуальных средств измерений позволяет быстро превратить серийный компьютер, оснащенный дополнительными платами расширения, в полноценный измерительный комплекс с большим цветным дисплеем, наглядным пользовательским интерфейсом, широкими возможностями измерений, обработки и хранения полученной информации.

Существует ряд особенностей, делающих виртуальные измерительные приборы более предпочтительными по сравнению с традиционными (имеющими собственный экран и органы управления) устройствами [1]:

- использование компьютера для задания режимов измерения, отображения и первичной обработки результатов позволяет в ряде случаев добиться экономии средств, места и веса (речь не идет о стоимости, габаритах и весе всего компьютера, поскольку он и так обычно присутствует в лаборатории);

- обычно результаты измерений необходимо обрабатывать и протоколировать, для чего они передаются в компьютер. В случае виртуального прибора данные сразу находятся в памяти компьютера, и для их пересылки не требуется дополнительный интерфейсный модуль;

- настройки современных приборов становятся все более сложными и разнообразными, поэтому настройка компонент измерительного комплекса для решения конкретной задачи может потребовать значительных временных затрат. Различные варианты настроек могут сохраняться пользователем в конфигурационных файлах и вызываться по мере необходимости;

Компьютеризированная установка акустических измерений и диагностики, разработанная в лаборатории ультразвуковых технологий и диагностики кафедры ЭВМиС [2, 3] включает в себя стандартную ЭВМ, оснащенную разработанным программным обеспечением и осциллографической приставкой серии BORDO.

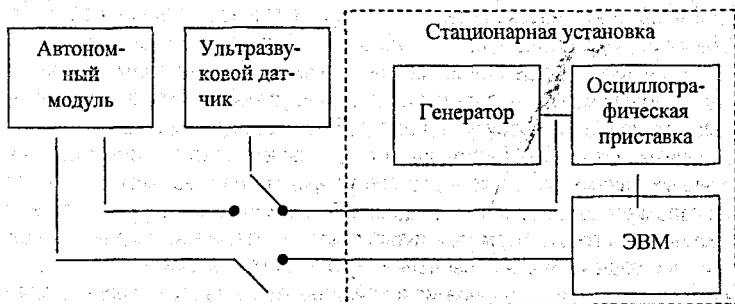


Рисунок 1 – Структура акустической установки

Для обеспечения возможности проведения полевых измерений предусмотрено подключение к установке автономного измерительного модуля, способного без связи с каким-либо лабораторным оборудованием производить оцифровку сигнала с датчика, а также минимально-необходимую обработку и каталогизацию полученных данных.

В разрабатываемом автономном модуле предусмотрена flash-память для хранения результатов проведенных измерений. Предполагается, что данные на flash-памяти хранятся в файловой системе FAT, являющейся в настоящее время стандартом де-факто для большинства носителей информации, выполненных на основе flash-ЗУ.

При работе с автономным модулем оператор вводит в память устройства номер исследуемого объекта. При проведении измерений в разных точках одного объекта вводятся номера точек исследования. По умолчанию в устройстве предусмотрено проведение одного измерения в одной точке, но при необходимости оператор сможет изменять количество измерений. Каждый объект представлен в файловой системе отдельным каталогом. В качестве имени каталога выступает номер объекта. Каждое сохраненное измерение в пределах объекта представлено отдельным файлом, имя которого отражает номер точки исследования и номер измерения для данной точки.

Файлы имеют расширение tab и хранят данные в форме, делающей их максимально удобными для ввода в стационарную установку. Формат файла является текстовым, благодаря чему, при необходимости, возможна обработка измерений сторонним программным обеспечением. Каждый файл состоит из двух отдельных частей. Первая описывает время, прошедшее от начала серии измерений, а также назначение хранящихся в файле данных в виде заголовков столбцов: время в секундах и амплитуда сигнала для каждого отсчета времени. Вторая часть состоит непосредственно из данных, которые представляются в текстовом виде с точностью до двух знаков после запятой. Каждая строка соответствует отдельной точке графика.

Для связи с ЭВМ в устройстве предусмотрен интерфейс USB 2.0. Для подключения устройства к ЭВМ используется 4-жильный кабель: питание +5 В, сигнальные провода D+ и D-, общий провод.

Интерфейс USB соединяет между собой хост и разрабатываемое устройство. Хост находится внутри персонального компьютера и управляет работой интерфейса. Все передачи данных по интерфейсу инициируются хостом. Данные передаются в виде пакетов. Каждая транзакция состоит из трех фаз: фазы передачи пакета-признака, фазы передачи данных и фазы согласования.

После проведения необходимых измерений непосредственно на объекте контроля и сохранения их результатов в flash-ЗУ автономного модуля производится их считывание в ЭВМ, входящую в состав стационарной установки. С точки зрения операционной системы автономный модуль представляется в виде устройства хранения данных типа USB mass storage device, не требующего для работы наличия в системе каких-либо специализированных драйверов. Благодаря этому обеспечивается возможность считывания сохраненных данных не только в составе установки, но и на любой ЭВМ, работающей под управлением современной операционной системы. Данный факт в сочетании с легко читаемым текстовым форматом файлов делает автономный модуль универсальным портативным решением для проведения акустических измерений.

Считанные из памяти прибора измерения обрабатываются программным обеспечением стационарной установки и представляются пользователю как в виде отдельных осциллограмм (рисунок 2), так и в виде зависимостей изменения параметров в пределах одной серии измерений.

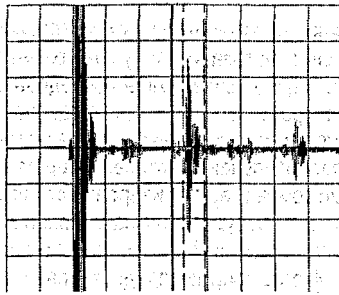


Рисунок 2 – Представление отдельного измерения на экране ЭВМ

В качестве интегральных оценок, использовавшихся для отслеживания динамики изменения свойств контролируемого объекта, реализованы [4]:

- размах импульса (модуль разности между максимальным и минимальным значением амплитуды на осциллограмме);
- смещение импульса по временной оси (абсцисса максимального либо минимального значения амплитуды на осциллограмме);
- длительность импульса по заданному уровню.

Использование разработанного устройства позволяет проводить диагностику труднодоступных объектов не прибегая к использованию большого и громоздкого оборудования, осуществлять в реальном масштабе времени контроль за ходом технологического процесса, в котором участвуют ДДС, проводить полевые измерения параметров поглощающих сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шумский И. Виртуальная USB-лаборатория Актакoм – прорыв в будущее. // Электронные компоненты. – 2003. – №9. – С. 136.
2. В.П. Данилевский, Д.А. Костюк, Н.В. Кудинов, Ю.А. Кузавко. Акустические спектроскопические методы и средства диагностики материалов и веществ // «Материалы, технологии, инструменты», №3, т. 8, 2003 г. стр. 104-112
3. Костюк Д.А., Кузавко Ю.А. Аномальное отражение продольного ультразвука от сильно диссипативной среды // Инженерно-физический журнал, 2004, т. 77, №5, с. 161 – 169
4. Костюк Д.А., Николаюк Л.Н. Виртуальная лаборатория диагностики диссипативных сред // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов. Материалы 2-й международной научно-технической конференции. Могилев, 2006. С. 301 – 303

УДК 621.8.09

Марчик Д.В.

Научный руководитель: асс. Козак А.Ф.

ПОРТАТИВНАЯ АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА АКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

При производстве и эксплуатации различных изделий часто необходимо проводить диагностику состояния материалов, не разрушая само изделие. Один из вариантов ее проведения – диагностика ультразвуком. При таком виде диагностики используется имеющаяся корреляция между состоянием исследуемой среды и коэффициентами прохождения и отражения ультразвуковых волн.

Автоматизация проведения экспериментальных измерений, накопления, первичной обработки, визуализации и систематизации полученных результатов позволяет значительно сократить временные и трудовые затраты исследователя. Персональные компьютеры в последнее время широко используются среди потребителей измерительной техники. Использование программного обеспечения в качестве виртуальных средств измерений в сочетании с дополнительной платой-адаптером или внешним модулем позволяет превратить серийный компьютер в универсальный измерительный комплекс [1].

При обслуживании и ремонте оборудования на удаленных объектах предпочтительнее измерительный прибор, выполненный в виде внешнего модуля, подсоединяемого к портативному компьютеру. Многие фирмы предоставляют измерительное оборудование, предусматривающее передачу данных в цифровой форме в ПК, а также специализированное программное обеспечение, предназначенное для их приема и первичной обработки. Однако возможностей этих разработок часто оказывается недостаточно при решении конкретных экспериментальных задач. Поэтому часто приходится разрабатывать дополнительные программные и аппаратные средства, взаимодействующие с прибором непосредственно либо через поставляемое с ним в комплекте программное обеспечение.

В лаборатории ультразвуковых технологий и диагностики кафедры ЭВМиС БРГТУ создана стационарная компьютеризированная установка [2], позволяющая благодаря использованию описанных выше принципов существенно упростить получение и обработку экспериментальных данных, поступающих от ультразвуковых датчиков.

Установка включает в себя генератор прямоугольных электрических импульсов, осциллограф, способный передавать данные в ПК (в качестве этого блока выступает осциллографическая приставка серии BORDO), и собственно персональный компьютер. В состав акустической измерительной ячейки входят ультразвуковой пьезопреобразователь (УЗП), работающий в совмещенном режиме излучения-приема [3]. Диагностический метод подразумевает определение амплитудно-фазовых характеристик (размах, длительность, фаза) отраженного акустического импульса продольной волны [2].

Однако применимость разработанной лабораторной установки ограничена из-за ее громоздких размеров, а также проблематичности использования входящих в нее чувствительных электронных узлов в полевых условиях или непосредственно на работающем технологическом оборудовании. Этим была обусловлена необходимость создания автономного портативного модуля, осуществляющего снятие показаний с УЗП, их первичную обработку и сохранение для последующей передачи в стационарную установку.

Задачей устройства является фиксирование акустического сигнала, отраженного от поверхности раздела твердого тела и диссипативной среды, в качестве которой может выступать пленка покрытия в момент изготовления, слой окисла и т.д., а также обеспечение возможности передачи сохраненных данных в персональный компьютер.

Для удобства использования в состав автономного устройства включен алфавитно-цифровой ЖК-индикатор и минимально достаточная клавиатура. Конструкция индикатора предусматривает встроенный контроллер для разгрузки центрального микропроцессора. Алфавитно-цифровые ЖКИ-модули представляют собой недорогое и удобное решение, позволяющее сэкономить время и ресурсы при разработке новых изделий, обеспечивая при этом отображение большого объема информации при хорошей различимости и низком энергопотреблении. Поскольку объем интерактивно вводимой и выводимой информации в портативном модуле небольшой, используется экран двухстрочный символьный индикатор фирмы AMPIRE на базе контроллера Hitachi HD44780; позволяющий отображать названия и величины контролируемых параметров.

Выгодное соотношение цены и функциональности позволит использовать разрабатываемое устройство для несложной диагностики "на месте" не прибегая к транспортировке более дорогого и громоздкого оборудования.

Рабочий частотный диапазон устройства 1-10 МГц, и это накладывает определенные требования на используемую аппаратуру: в частности аналогово-цифровой преобразователь должен оцифровывать сигнал с частотой до 20 МГц.

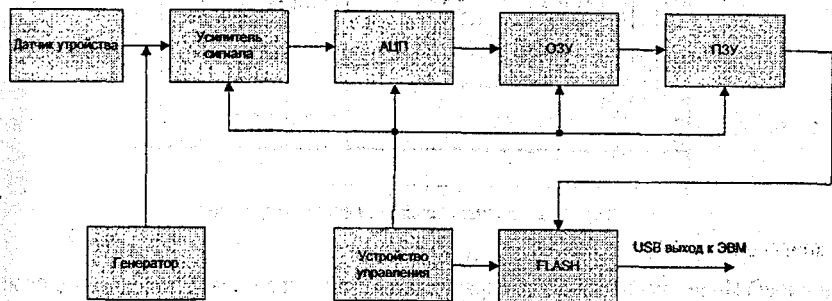


Рисунок 1 - Структурная схема автономного модуля

Для реализации указанных выше функций предусмотрены следующие блоки:

- датчик;
- усилитель/ограничитель сигнала;
- АЦП;
- ОЗУ;
- ПЗУ;
- передатчик;
- устройство управления индикации.

Структурная схема модуля представлена на рис. 1.

Для решения поставленных задач выбран микроконтроллер фирмы Atmel C8051F000, как наиболее подходящий с точки зрения цена-возможности-удобство. Выбранный микропроцессор является улучшенным вариантом микропроцессоров серии MCS-51, обладает четырьмя 8-разрядными портами ввода/вывода, тремя счетчиками-таймерами и работает на тактовой частоте 25 МГц, чего вполне достаточно для реализации проекта.

Наиболее информативным из отображаемых на экране автономного устройства параметров является коэффициент заполнения. На основании полученного сигнала каждому моменту времени на графике соответствует определенная точка. Отношение разрешающей способности, с которой оцифровывается осциллограмма, к общей сумме точек графика и есть коэффициент заполнения:

$$k = S / (S1 + S2),$$

где S – разрешение изображения, S1 – количество точек на задающем сигнале; S2 – количество точек на отраженном сигнале (рис. 2).

Также на экране устройства предусмотрено отображение момента времени от начала подачи сигнала до получения отраженного сигнала, которое характеризует расстояние до поверхности (обозначено величиной I на рисунке) и амплитуда сигнала, непосредственно связанная со свойствами отражающей среды.

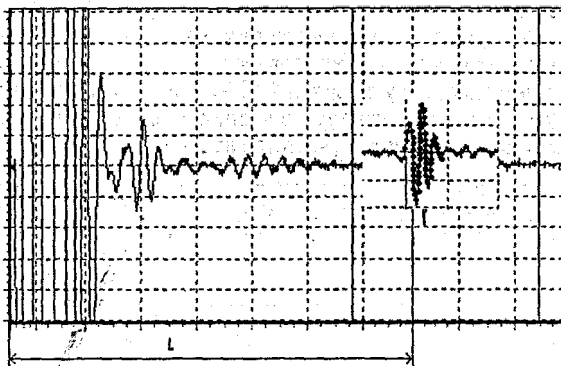


Рисунок 2 – Расчет коэффициента заполнения

ЛИТЕРАТУРА

1. Шумский И. Виртуальная USB-лаборатория Актаком – прорыв в будущее. // Электронные компоненты. – 2003. – №9. – С. 136.
2. Костюк Д.А., Кузавко Ю.А. Аномальное отражение продольного ультразвука от сильно диссипативной среды //Инженерно-физический журнал, 2004, т. 77, №5, с. 161 – 169
3. Козак А.Ф., Костюк Д.А., Кузавко Ю.А. Приборное решение акустического спектрального анализа для диагностики вязких сред // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов. Материалы 2-й международной научно-технической конференции. Могилев, 2006. Стр. 54 – 56

УДК 624.012

Макул В.В.

Научный руководитель: к.т.н., доц. Прокопеня О.Н.

ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ

В данной работе разработан графический интерфейс системы автоматизации испытательной машины, построенной на базе гидравлического пресса П-250 [1]. Разработанный интерфейс позволяет полностью автоматизировать процесс испытаний бетонных образцов на испытательных машинах. При этом управление и визуализация осуществляется с помощью мнемосхемы на экране персонального компьютера (ПК).

Управление осуществляется с пульта оператора в диалоговом режиме (пульт управления служит ПК). Автоматически выполняется цикл испытаний, обработка результатов измерений и вывод на монитор (отображение текущих значений нагрузки, деформации, времени; после нескольких испытаний - вывод усреднённых расчётных результатов; построение графика).

Оператор следит за ходом всего процесса. Управление, внесение изменений и коррективов производится с помощью компьютера. К ПК подсоединен программируемый логический контроллер (ПЛК). Управление циклом осуществляет программа, хранящаяся в памяти ПЛК. Программирование ПЛК осуществляется с помощью ПК.

Схема управления представлена на рис. 1.

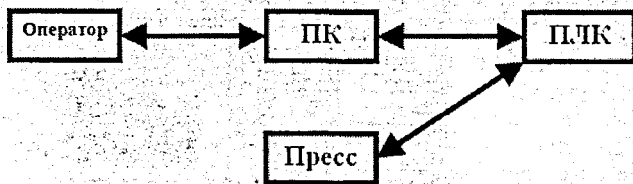


Рис. 1 Схема управления

Диалог оператора с объектом осуществляется с помощью мнемосхемы. Для построения мнемосхемы использован пакет Master SCADA. Это принципиально новый инструмент разработки АСУТП, в котором реализована совокупность средств и методов, обеспечивающих резкое сокращение трудозатрат и повышение надежности создаваемой системы.

Пакет выполняет ряд необходимых для проектирования системы операций:

- а) решает проблемы программной стыковки различных устройств системы,
- б) с легкостью перераспределяет сигналы или алгоритмы их обработки по отдельным устройствам,
- в) создаёт распределенные по устройствам алгоритмы контроля и управления,
- г) взаимодействует с другими программами с помощью современных технологий (OPC, OLE, DCOM, ActiveX, OLE DB, ODBC, BasicScript и др.),
- д) использует в операторском интерфейсе документы любого типа и обменивается данными с ними,
- е) предусматривает визуальное создание схемы вычислений на языке функциональных блоков (FBD),
- ж) осуществляет первичную обработку каждого сигнала с автоматическим контролем границ,
- з) производит автоматическую индикацию значений всех вычисленных сигналов.

Объект в Master SCADA - это основная единица разрабатываемой системы, соответствующая реальному технологическому объекту (цеху, участку, аппарату, насосу, задвижке, датчику и т.п.), управляемому разрабатываемой с помощью Master SCADA системой. С другой стороны, это и традиционный с точки зрения программирования объект, обладающий стандартными для программных объектов качествами.

Пользовательский интерфейс Master SCADA построен на идеологии «все в одном». Все модули расширения встроены в общую оболочку. Пользователь всегда работает с простым единым внешним видом программы, состоящим из древовидного проекта, палитры библиотечных элементов и окна редактирования документов и свойств. В зависимости от типа настраиваемого свойства или редактируемого документа в окне редактирования открывается страница настройки нужного свойства либо необходимый встроенный или внешний редактор (рис. 2).

Проект состоит из двух разделов: «Система» и «Объект».

Раздел «Система» описывает техническую структуру реализуемой системы. Раздел «Объект» описывает иерархическую структуру контролируемого технологического объекта свойства и документы каждого объекта.

Обработка данных выполняется одним из двух способов:

- созданием схемы функциональных блоков (выходы одних блоков или объектов соединяются со входами других блоков или объектов),
- заданием формул расчета.

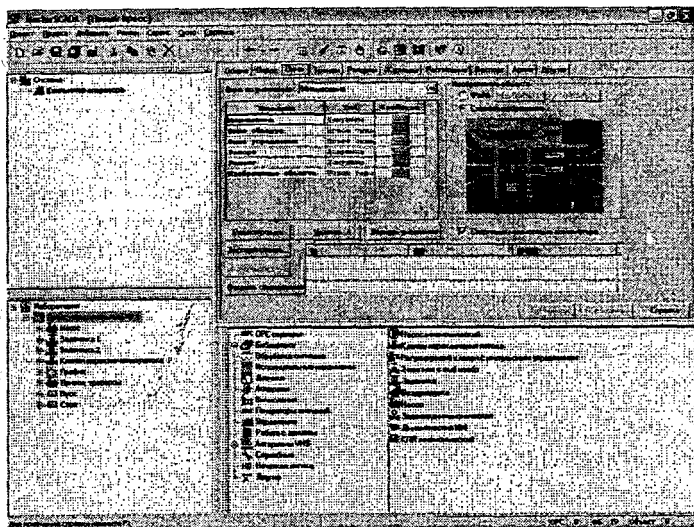


Рис. 2 Внешний вид пользовательского интерфейса

В Master SCADA поддерживаются архивы данных, сообщений и рапортов. Объемы архивов ограничиваются только самим пользователем.

Архивы распределены по объектам. Двоичный формат с кольцевой структурой файлов обеспечивает высокоэффективное хранение данных. Информация в архив данных направляется с использованием индивидуально выбранного для каждой переменной фильтра. Можно задать ограничение длительности или объема хранения индивидуально для каждого объекта и типа архива.

Для совместимости с внешними базами данных обеспечивается экспорт архивов с возможностью объединения архивов нескольких объектов в один общий внешний архив [2].

Разработанная мнемосхема приведена на рис. 3. На ней изображены основные исполнительные механизмы, кнопки для управления процессом испытаний, а также индикация значений переменных и диаграмма нагружения.

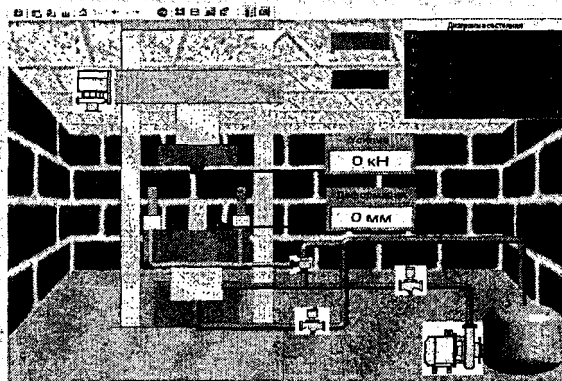


Рис. 3 Мнемосхема испытательной машины

Связь мнемосхемы с внешними устройствами осуществляется при помощи OPC – сервера. OPC (OLE for Process Control) - стандарт обмена данными в современных SCADA-пакетах.

Для работы оборудования с широким набором современных SCADA систем необходимы драйверы OPC. Что такое OPC? OLE(object linking and embedding) for Process Control. Объектное связывание и встраивание для контроля процессов – открытый для широкого использования набор спецификаций, разработанный организацией OPC Foundation на основе технологий Microsoft COM/DCOM. Когда упоминают термин OPC-драйверы для приборов, чаще всего имеют в виду OPC-сервер, реализующий спецификацию Data Access(DA). OPC DA - широко известная спецификация, которая сейчас уже имеет версию 3.0, другие спецификации доступны только в виде альфа и бета версий. Она позволяет читать и писать данные в прибор, организовывать подписку на данные и получать клиенту уведомление об обновлении данных [3].

Для работы с OPC-драйверами требуется любая SCADA система, поддерживающая спецификацию OPC DA. Кроме того, прочитать и записать данные может пользовательская программа на языке, полноценно поддерживающем COM технологию Microsoft (Visual Basic, C++, Java, Delphi и т.д.). Получение данных возможно также и из приложений, поддерживающих доступ к COM объектам (например, таких как Microsoft Office). Это позволяет пользователю получить в таблице Excel набор технологических параметров изменяющихся в реальном масштабе времени.

Создание интерфейса осуществляется в следующей последовательности. В компьютер помещается OPC сервер. В OPC сервер добавляются необходимые OPC переменные. Переменные немедленно будут видны в дереве системы и готовы к использованию.

После выполнения необходимых настроек OPC переменных в OPC серверах можно переходить к следующему шагу.

Так как OPC серверы имеют индивидуальные пользовательские интерфейсы, рекомендации по настройке переменных следует смотреть в документации конкретного OPC сервера.

Настройки связи с контроллерами производится непосредственно в OPC серверах контроллеров.

В качестве автоматического устройства программного управления используется контроллер серии " MITSUBISHI - AL2-14MR-D".

Для контроллера в компьютере составляется программа, в соответствии с которой происходит управлением всем процессом согласно алгоритму.

Кабель интерфейса RS-232C используется в качестве соединительного кабеля между контроллером серий "Альфа-2" и персональным компьютером, в котором функционирует программное обеспечение (AL-PCS/WIN-E), используемое для программирования контроллера, а также для связи контроллера с OPC – сервером [4].

Таким образом, разработанный интерфейс позволяет осуществлять обмен информацией между управляющим компьютером и испытательной машиной, что дает возможность управлять циклом работы машины посредством компьютера.

Взаимодействие оператора с машиной осуществляется с помощью мнемосхемы, на которой имеются органы управления и индикации. При этом контролируемые параметры процесса отображаются на экране в реальном времени. В результате, оператор получает возможность следить за ходом испытаний и при необходимости осуществлять корректировку процесса.

При проведении испытаний образуется массив данных, который сохраняется в памяти компьютера и может быть обработан соответствующими пакетами программ и представлен в виде графиков или диаграмм.

В конечном итоге разработанный интерфейс позволяет полностью автоматизировать процесс испытаний бетонных образцов на испытательных машинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паспорт на пресс испытательный П-250.
2. Master SCADA. Руководство пользователя.
3. Куцевич И. В., Григорьев А. Б., Мир компьютерной автоматизации// "РТСофт", 2000, N 1.
4. ПЛК «MITSUBISHI-AL2-14MR-D», руководство по эксплуатации.

УДК 621.91.002

Ковальчук П.Н.

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

ПРОЕКТНЫЕ РАСЧЕТЫ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ МЕТОДОМ ПОЛНОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Проектирование надежных и точных машин, эффективных техпроцессов сборки и механической обработки их комплектующих деталей невозможно без комплексного размерного анализа объектов проектирования на основе выявления и решения конструкторских и технологических размерных цепей. На основе проектных расчетов размерных цепей можно определить технически обоснованные требования к точности размеров комплектующих деталей, исходя из требуемой точности важных функциональных геометрических параметров машины, формирующихся при ее сборке, а также определить точность выполнения технологических размеров исходя из точности чертежных размеров детали при ее мехобработке.

Методика проектных расчетов линейных размерных цепей достаточно подробно разработана и описана в учебной и специальной технической литературе [2]. В то же время, вопросом выявления и решения угловых размерных цепей уделяется неоправданно мало внимания, несмотря на ряд объективных факторов, определяющих их важность:

- в большинстве случаев требуемый уровень точности размеров, определяющих угловое положение поверхностей деталей сборочных единиц (отклонение от перпендикулярности, параллельности, наклона поверхностей, торцевого биения и др.), значительно выше уровня точности линейных размеров, связывающих указанные поверхности. По ГОСТ 24643-81 допуски формы и расположения не должны превышать определенной доли от соответствующего линейного размера (60% - для нормальной, 40% - для повышенной, 25% - для высокой геометрической точности);

- для достижения высокой точности угловых замыкающих размеров при сборке, технически затруднительно использовать методы пригонки, регулирования, селективной сборки. Эта точность достигается методами полной и неполной взаимозаменяемости, что предполагает достаточную высокую точность получения угловых размеров при изготовлении деталей;

- точность углового положения поверхностей деталей при мехобработке так же обеспечивается методами полной и неполной взаимозаменяемости и зависит от точности

угловых положений элементов станков, приспособлений, инструментов, так как на большинстве металлорежущих станков отсутствуют механизмы регулировки угловых положений рабочих органов.

Таким образом, во многих случаях проектные расчеты угловых размерных цепей имеют приоритетное значение для обеспечения точности сборки машин и изготовления деталей.

Несмотря на то, что основное положение теории линейных размерных цепей приемлемо и для угловых размерных цепей, расчеты последних не находят широкого применения в практике проектирования машин и техпроцессов. Это объясняется трудностями выявления, восприятия и изображения схем угловых размерных цепей, своеобразием построения системы допусков угловых размеров и отсутствием методики проектных расчетов, пригодных для практики.

Основой проектного расчета любой размерной цепи является способ распределения допуска замыкающего звена на составляющие звенья. По аналогии с линейными размерными цепями для угловых цепей целесообразно использовать способ равноточных допусков, то есть допусков всех составляющих звеньев принимать по одной степени точности. Используемые на практике способы равных допусков и подбора допусков имеют существенные недостатки. Бессистемный подбор допусков углов требует больших затрат времени. Принимая равные допуски на угловые размеры при разной длине границ углов, можно назначить на углы с длинными сторонами технически и экономически неприемлемый уровень точности. Более рационально допуск на угловой размер определять с учетом длин его границ, что и позволяет сделать метод равноточных допусков.

Метод равноточных допусков может быть реализован при условии, что допуски на все составляющие звенья могут быть приняты из одной системы допусков, правила построения которой позволяют получить выражение для расчета номера степени точности, одинаковой для всех составляющих звеньев, в зависимости от допуска замыкающего звена, длин границ углов и параметров системы допусков.

Несмотря на то, что система допусков параллельности, перпендикулярности, наклона, торцевого биения и система допусков углов регламентируется разными стандартами (ГОСТ 24643-81 и ГОСТ 8908-81 соответственно), они построены по единым принципам, имеют одинаковые интервалы длин, набор степеней точности и значений допусков (при выражении допусков углов в линейных единицах в виде катета). Это позволяет использовать метод равноточных допусков для решения размерных цепей, имеющих в качестве составляющих звеньев как углы, так и отклонения от перпендикулярности, параллельности, торцевого биения и наклона.

Выражение для расчета номера степени точности разработаем на основе принципов построения указанных систем допусков.

Значение указанных допусков изменяется в пределах одной степени точности, в зависимости от значения длины меньшей стороны угла по ряду предпочтительных чисел Ra_{10} с коэффициентом геометрической прогрессии $\lambda = \sqrt[10]{10} \approx 1,25$. В пределах одного интервала длин допуски изменяются в зависимости от степени точности по ряду предпочтительных чисел Ra_5 с коэффициентом геометрической прогрессии $\phi = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$. [1,2]

С учетом указанных принципов построения системы допусков любое значение допуска можно выразить формулой:

$$AT_i = AT_1 \cdot \phi^{n-1} \cdot \lambda^{m-1}, \quad (1)$$

где $AT_1=0,4$ мкм – исходный минимальный допуск для первой степени точности и первого интервала длин;

n – номер степени точности допуска;

m – номер интервала минимальной длины стороны нормируемого угла.

В то же время границы интервалов длин системы допусков сами являются членами геометрической прогрессии с коэффициентом $\varepsilon = \sqrt[3]{10} \approx 1,6$ в зависимости от номера интервала. [1] Тогда верхняя граница любого интервала длин может быть определена по формуле:

$$L_i = L_1 \cdot \varepsilon^{i-1}, \quad (2)$$

где L_1 – верхняя граница первого интервала длин.

После логарифмирования уравнения (2) найдем выражение для $m-1$

$$\ln L_i = \ln L_1 + (m-1) \cdot \ln \varepsilon;$$

$$m-1 = \frac{\ln L_i - \ln L_1}{\ln \varepsilon}.$$

Тогда

$$AT = AT_1 \cdot \varphi^{n-1} \cdot \lambda^{\frac{\ln L_i}{\ln \varepsilon}} \cdot \left(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}} \right)^{\ln L_i} \quad (3)$$

При полной взаимозаменяемости составляющих звеньев, сумма угловых допусков составляющих звеньев, приведенных к одинаковой базовой длине, должна быть равна угловому допуску замыкающего звена, приведенному к той же базовой длине.

Для упрощения последующих выражений принимаем значение базовой длины 1 мм и приведенные значения допусков получим, разделив их на длину малой стороны соответствующего угла.

При этом, соотношение приведенных допусков составляющих звеньев и замыкающего звена запишется следующим образом

$$\frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} = \sum_{i=1}^k \frac{AT_i}{L_i} = \sum_{i=1}^k \frac{AT_i \cdot \varphi^{n-1} \cdot \lambda^{\frac{\ln L_i}{\ln \varepsilon}} \cdot \left(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}} \right)^{\ln L_i}}{L_i} \quad (4)$$

где AT_{Δ} – заданный допуск замыкающего звена, мкм;

L_{Δ} – меньшая сторона замыкающего звена, мм;

i – номер составляющего углового звена;

k – число составляющих звеньев;

L_i – верхняя граница интервала длин, в который попадает меньшая сторона i -го звена, мм.

При условии, что λ одинаково для всех составляющих звеньев, первые три сомножителя выносим за знак суммы и после алгебраических преобразований и логарифмирования получим уравнение для определения номера степени точности составляющих звеньев

$$\frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} = AT_1 \cdot \varphi^{n-1} \cdot \lambda^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{\left(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}} \right)^{\ln L_i}}{L_i};$$

$$\varphi^{n-1} = \frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta} \cdot AT_1 \cdot \lambda^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{\left(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}} \right)^{\ln L_i}}{L_i}}$$

$$n = \frac{1}{\ln \varphi} \cdot \left(\ln \frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta} \cdot AT_1 \cdot \lambda^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{\left(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}} \right)^{\ln L_i}}{L_i}} \right) + 1. \quad (5)$$

С учетом численных значений постоянных параметров ($\varphi=1,25$; $AT_1=0,4$ мкм; $\lambda=1,25$; $L_1=10$ мм; $\epsilon=1,6$) получаем окончательное уравнение для определения номера степени точности.

$$n = 2,18 \cdot \left(\ln \frac{7,46 \cdot AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} - \ln \sum_{j=1}^k \frac{1,6^{nL_j}}{L_j} \right) + 1. \quad (6)$$

В случае если допуск замыкающего звена задан в угловой мере $AT_{\alpha\Delta}$, формула (6) может использоваться в следующем виде

$$n = 2,18 \cdot \left(\ln(7460 \cdot \text{tg} AT_{\alpha\Delta}) - \ln \sum_{j=1}^k \frac{1,6^{nL_j}}{L_j} \right) + 1 \quad (7)$$

При наличии в размерной цепи угловых звеньев, принадлежащих стандартным деталям или звеньям, допуски которых определены из расчета других размерных цепей, расчет номера степени точности следует вести по остаточной величине допуска замыкающего звена AT'_{Δ} или $AT'_{\alpha\Delta}$

$$\frac{AT'_{\Delta}}{L_{\Delta}} = \frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} - \sum_{j=1}^p \frac{AT_j}{L_j}, \quad (8)$$

или

$$\text{tg} AT'_{\alpha\Delta} = \text{tg} AT_{\alpha\Delta} - \sum_{j=1}^p \text{tg} AT_{\alpha j}, \quad (9)$$

где p – число известных звеньев;

j – номер известного звена.

Найденное значение номера степени точности округляют до ближайшего меньшего целого значения и по нему назначают допуск на составляющие угловые звенья по таблицам допусков углов (по ГОСТ 8908-81) или допусков перпендикулярности, параллельности, торцевого биения и наклона (по ГОСТ 24643-81).

Сумма назначенных приведенных допусков не должна превышать приведенного допуска замыкающего звена.

Выражения, полученные для расчета номера степени точности имеют достаточно компактный вид и вполне пригодны для практических расчетов. Они прошли многократную апробацию при выполнении студентами практических работ и курсовых проектов по специальности «Технология, оборудование и автоматизация машиностроения».

Поясним применение разработанной методики на примере решения угловой конструкторской сборочной размерной цепи плунжерного насоса, изображенной на рисунке 1. Замыкающим звеном цепи является перекося осей отверстия плунжера и расточки корпуса $\alpha\Delta$. Составляющие звенья заключены между основными (ОКБ) и вспомогательными (DR<) конструкторскими базами. Расчет ведем для следующих исходных данных: $AT_{\Delta}=500$ мкм; $L_{\Delta}=10$ мм; $L_1=25$ мм; $L_2=25$ мм; $L_3=40$ мм; $L_4=160$ мм; $L_5=10$ мм.

Определяем номер степени точности

$$n = 2,18 \cdot \left[\ln \frac{7,46 \cdot 500}{10} - \ln \left(\frac{1,6^{n \cdot 25}}{25} + \frac{1,6^{n \cdot 25}}{25} + \frac{1,6^{n \cdot 40}}{40} + \frac{1,6^{n \cdot 160}}{160} + \frac{1,6^{n \cdot 10}}{10} \right) \right] + 1 = 14,16$$

По ГОСТ 24643-81 назначаем допуски на составляющие звенья с учетом интервалов меньшей стороны углов: $AT_1=250$ мкм; $AT_2=250$ мкм; $AT_3=300$ мкм; $AT_4=600$ мкм; $AT_5=160$ мкм.

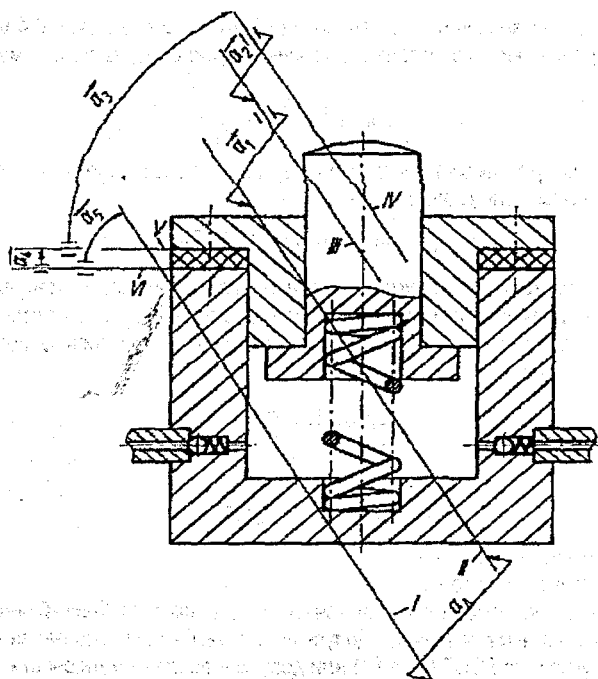


Рис. 1. Схема угловой сборочной конструкторской размерной цепи для исходного звена от плунжерного насоса:

α_1 - отклонение от соосности оси II отверстия плунжера от оси III наружного цилиндра плунжера (ОКБ плунжера); α_2 - отклонение от соосности оси III наружного цилиндра плунжера от оси IV отверстия втулки (ОКБ втулки) за счет зазора; α_3 - отклонение от перпендикулярности оси IV отверстия втулки от торца V (ОКБ втулки и ВКБ прокладки); α_4 - отклонение от параллельности торцов V и VI прокладки (ВКБ и ОКБ прокладки); α_5 - отклонение от перпендикулярности торца VI корпуса (ВКБ1 корпуса) и оси расточки I корпуса (ВКБ2 корпуса).

Проверяем соотношение приведенных назначенных допусков и приведенного допуска замыкающего звена

$$\sum_{i=1}^k \frac{AT_i}{L_i} = \frac{250}{25} + \frac{250}{25} + \frac{300}{40} + \frac{600}{160} + \frac{160}{10} = 47,25 \leq \frac{AT_A}{L_A} = 50$$

Точность замыкающего звена обеспечивается.

При распределении допуска замыкающего звена на составляющие звенья методом равных допусков средний допуск составляющего звена будет равен

$$AT_{cp} = \frac{AT_A}{k} = \frac{500}{5} = 100 \text{ мкм}$$

Для разных звеньев этот допуск соответствует от 9 до 13 степени точности. Таким образом, требуется большая точность составляющих звеньев.

Предложенная методика проектных расчетов угловых размерных цепей позволяет значительно снизить трудоемкость определения рациональных допусков составляющих звеньев и может быть полезна конструкторам и технологам машиностроительных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2т. - М.: Издательство стандартов, 1989. - Т1 220с.
2. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / Под общ. ред. А.К. Кутая - М: Машиностроение, 1983. - 367с.

УДК 621.9.06

Лалин В.В.

Научный руководитель: к.т.н., доц. Горбунов В.П.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ПОДАЧ ТОКАРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 16А20Ф3

Машиностроение является одной из крупнейших отраслей промышленности. Непрерывное совершенствование и развитие машиностроения связано с прогрессом станкостроения, поскольку металлорежущие станки обеспечивают изготовление любых новых видов оборудования.

Большая роль в развитии данной отрасли принадлежит станкам с числовым программным управлением (ЧПУ), появление которых позволило заметно повысить производительность, качество производимой продукции, облегчить и минимализировать участие человека в процессе производства.

Точность обработки на станках с ЧПУ зависит от точности изготовления исполнительных механизмов, в том числе – привода подач.

Для обеспечения экономичности в эксплуатации, повышения удобства и безотказности обслуживания существующих моделей станков производится их модернизация с учетом современных достижений.

В данной статье приводится пример модернизации привода подач патронно-центрового токарного станка с ЧПУ модели 16А20Ф3, которая основывается на анализе конструкций тяговых устройств типа «винт-гайка качения» (ВГК).

Базовый вариант привода продольного перемещения станка включает: шариковую передачу ВГК, опоры винта, приводной электродвигатель постоянного тока.

Передача состоит из винта, гайки, шариков и устройств для возврата шариков. Обычно применяют передачи с наиболее технологичным полукруглым профилем резьбы.

В базовом варианте привода используется передача с фланцевой двойной гайкой по DIN 69051, которая работает по двухконтактной схеме (рис. 1а).

Передача «винт-гайка качения» обладает свойствами, позволяющими применять ее в приводах подач станков с ЧПУ: высокий коэффициент полезного действия (0,8—0,9), небольшое различие между силами трения движения и покоя, незначительное влияние частоты вращения винта на силу трения в механизме, полное отсутствие осевого зазора. Недостатками являются высокая стоимость, пониженное демпфирование, отсутствие самоторможения, сложность регулирования (одну гайку поворачивают относительно другой и фиксируют с помощью упора, снабженного зубцами, как и одна из гаек).

В качестве варианта модернизации предлагается установка безлюфтовой одинарной гайки, работающей по четырёхконтактной схеме (рис. 1б). Данные гайки выпускаются фирмами: Rexroth STAR (Германия), тип SEM-E-C, [1]; HIWIN (Япония), тип FSI, [2].

Особенность гаек фирмы Rexroth STAR: регулировка натяга осуществляется за счет прорезанного в корпусе гайки паза шириной 0,1 мм и затяжки по нему винтом до требуемого посадочного диаметра и величины силы натяга, что облегчает конструкцию гайки. Таким образом, останавливаем свой выбор на продукции фирмы Rexroth STAR.

Преимущества одинарной безлюфтовой гайки перед двойной гайкой: повышение тяговой силы, так как при одинаковом числе рабочих витков (в нашем случае шесть), у двойной гайки три витка работает в прямом направлении, три других витка - в обратном, а у безлюфтовой гайки - все шесть витков работают в обоих направлениях; выигрыш по массе ($m=4.45$ кг - вес двойной гайки; $m=2.83$ кг - одинарной); простота регулировки натяга; снижение трудоемкость изготовления привода и его сборки из-за наличия только одной гайки.

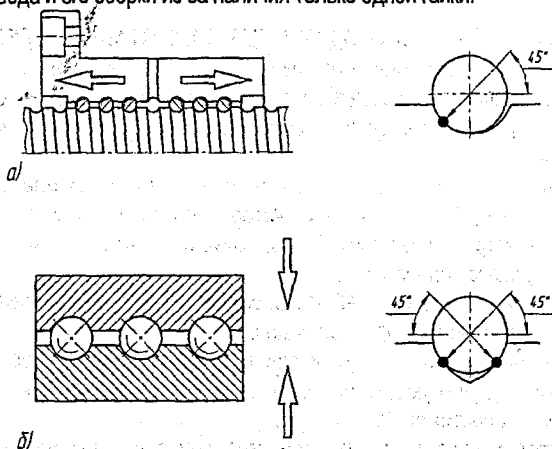


Рис.1. Схемы работы шарико-винтовой гайки.

а - по двухконтактной схеме; б - по четырёхконтактной.

Конструкции опор ходового винта продольного перемещения станка 16А20Ф3, рассматриваемого нами для проведения анализа далее, выполнена по схеме, когда каждая из двух опор винта воспринимает осевую нагрузку в обоих направлениях. Ходовой винт при сборке растягивают. Этим устраняют провисание его под действием тяжести, уменьшают радиальное биение, повышают осевую жесткость передачи. Кроме того, обеспечивается постоянство натяга в подшипниках при температурных деформациях винта, устраняется возможность раскрытия искажения шага винта, растягивающая сила не стыка в подшипниках и их перегрузки.

Для предотвращения искривления винта при монтаже необходимо с помощью крепежных гаек равномерно прижать к нему комплект подшипников. Это достигается при незначительном отклонении от перпендикулярности торца гайки относительно её оси, а также при применении длинных проставочных втулок или промежуточных колец с выступами на торцах и применением гаек различных конструкций, рассмотренных мной далее.

Стандартная конструкция винта позволяет применять роликовые комбинированные подшипники, приводные элементы с креплением затяжной конической втулкой или затяжными кольцами, измерительный преобразователь обратной связи, упоры, устанавливаемые на промежуточном элементе.

Опоры базового станка с роликовыми подшипниками обеспечивают скорость быстрых ходов $V_{БХ}=3,5...5$ м/мин. В более скоростных передачах ($V_{БХ}=10...15$ м/мин) используют шариковые подшипники. Допустимая нагрузка опор с использованием тел вращения в виде шариков значительно меньше, чем для роликовых подшипников. Однако применение роликов приводит к значительному увеличению сил трения, для компенсации которых необходимо прилагать больший крутящий момент. Это влечет увеличение мощности двигателя, габаритов.

С учетом вышеизложенных требований к приводу, произведем анализ следующих схем конструкций тяговых устройств типа ВГК (рис.2):

Схема 1 Базовый вариант привода станка:

- передача с фланцевой двойной гайкой по DIN 69051;
- в опорах установлено по два упорных роликоподшипника 4-9110 и по одному шариковому радиальному однорядному подшипнику 109 ГОСТ 8338-75;
- регулировка подшипников осуществляется за счет гайки и кольца с буртом.

Схема 2. Вариант опор шариковой передачи ВГК:

- передача с фланцевой двойной гайкой по DIN 69051;
- в опорах установлено по одному двойному комбинированному роликовому радиальному подшипнику с игольчатыми роликами 504908 ГОСТ 26290-84 поз. 2;
- регулировка подшипников осуществляется за счет гайки с кольцевыми канавками.

Схема 3. Шарико-винтовой привод фирмы Rexroth STAR

- передача с безлюфтовой одинарной гайкой SEM-E-C фирмы Rexroth STAR;
- в опорах установлено по одному шариковому радиально – упорному подшипнику LGN-B-4090, работающему по схеме дуплекс О-образный, этой же фирмы;
- регулировка подшипников осуществляется за счет шлицевой гайки NMA 40x1,5.

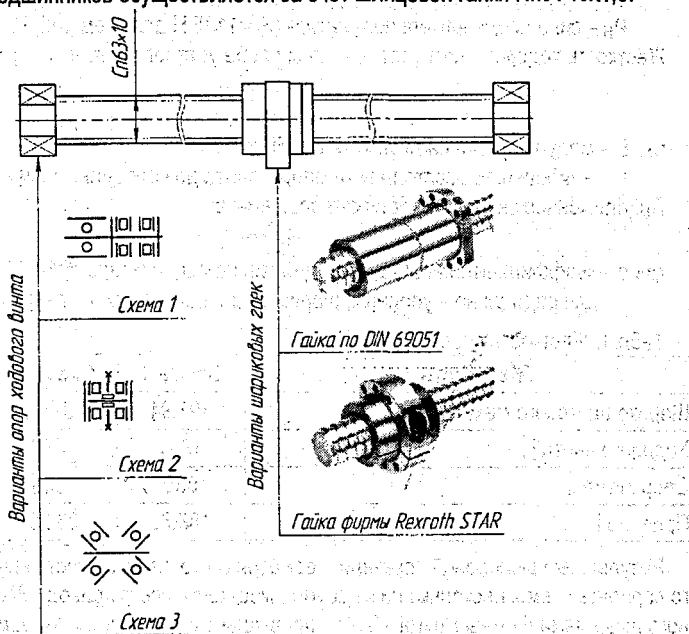


Рис. 2. Схемы конструкций тягового устройства токарного станка.

Представленные варианты отражают принцип унификации передач и номенклатуры изделий, а именно - возможность закупки комплекта (ВГК, опоры) на одном предприятии (фирме). Исходные данные для расчёта берем по базовому варианту для передачи с номинальным диаметром винта $d_0=63$ мм, шагом винта $p=10$ мм, диаметром шариков $d_{ш}=6$ мм, рабочим числом шариков в одном витке $z=28$, расчетным числом шариков в одном витке $z_p=20$, длиной резьбы винта $l=1315$ мм при тяговом усилии $Q=2404$ Н (из условий работы станка), величине хода по оси Z $l_{рх}=905$ мм, диапазоне частот вращения $n=1,0...1500$ об/мин.

Анализ схем конструкций тяговых устройств типа ВГК производим на основе расчёта механизма на жёсткость по методике, указанной в [3].

Жёсткость привода определяем по формуле:

$$\frac{1}{J} = \frac{1}{J_M} + \frac{1}{J_B} + \frac{1}{J_0}, \quad (1)$$

где J_M – жёсткость шарико-винтового механизма;

J_B – жёсткость винта;

J_0 – жёсткость опор.

Жёсткость шарико-винтового механизма:

$$J_M = 6 \cdot k_s \cdot u \cdot \left(\frac{d_0}{p} - 1 \right) \cdot \sqrt[3]{0,1 \cdot P_H \cdot p}, \quad (2)$$

где k_s – коэффициент, учитывающий погрешности изготовления гайки, а также деформации в винтовом механизме и во всех его стыках. Принял $k_s=0,4$;

u – число витков в гайке ($u=3$ для схем 1и2, $u=6$ для схемы 3);

P_H – сила предварительного натяга ($P_H=1134$ Н для схем 1и2, $P_H=567$ Н - схема 3).

Жёсткость ходового винта зависит от способа установки его на опорах:

$$J_B = \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot E}{4 \cdot l_1}, \quad (3)$$

где E – модуль продольной упругости, МПа;

l_1 – наибольшее расстояние от опоры винта до середины шариковой гайки, м.

Приближённое значение жёсткости опор винта:

$$j_0 = e \cdot d_0, \quad (4)$$

где e – коэффициент, характеризующий тип подшипников; $e=5;10;30$ соответственно для радиально – упорных, шариковых и роликовых упорных подшипников.

Табл.1. Жесткость передач ВГК, Н/мкм

Жесткость	Схема 1	Схема 2	Схема 3
Шарико-винтового механизма J_M	397.94	397.94	631.7
Ходового винта J_B	1831	1672	1640
Опор винта J_0	630	1890	510
Привода J	188.69	232.9	240.83

Результаты вычислений показали: несмотря на то, что жесткость винта и опор третьего варианта схемы несколько ниже других, жесткость всего привода ВГК укомплектованного изделиями фирмы Rexroth STAR, превышает иные рассматриваемые варианты. Следовательно, данная схема является оптимальной.

Выводы.

На основании произведенных расчетов рекомендован вариант с применением изделий фирмы Rexrot STAR, который позволит:

- уменьшить массу ходовых частей суппорта станка;
- повысить осевую жесткость передачи ВГК с $j=188,69$ Н/мкм до $j=240,83$ Н/мкм;
- упростить конструкцию опор тягового устройства;
- упростить регулировку натяга в винтовой шариковой паре;
- облегчить способ выборки радиального зазора в подшипниках опор;

ЛИТЕРАТУРА

1. Шариковинтовые приводы STAR. – Rexroth Star, RRS 83 301/10.00.
2. HIWIN. Ballscrews. Technical information index. – HIWIN, S99TE12 – 0506.
3. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: Учебное пособие для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1991, – 382 с.ил.

УДК 37.01:007+378.16

Куликовский Д.Г.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Монтик С.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕССОРА MS EXCEL

Одним из важных вопросов технической эксплуатации автомобилей является исследование показателей надежности автотранспортных средств с целью определения ресурса автомобилей, прогнозирования количества отказов в заданном интервале пробега, планирования мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту. Сбор сведений о распределении ресурса автомобилей является сложной и трудоемкой задачей. В справочной литературе приводятся лишь данные о средних значениях ресурса автомобилей [1, 3]. Данную проблему возможно решить используя метод статистического моделирования.

Метод статистического моделирования основывается на использовании случайных чисел, которые имитируют различные случайные процессы.

Основная идея метода статистического моделирования заключается в возможности воспроизведения с достаточно высокой достоверностью исследуемого физического процесса при помощи вероятностных математических моделей и вычисления характеристик этого процесса [2].

Часто вместо случайных применяют псевдослучайные числа. Они распределяются по тем же законам, что и случайные числа, но формируются не случайно, а при помощи вероятностных математических моделей, соответствующих определенным законам распределения случайных величин.

Рассмотрим моделирование распределения ресурса автомобиля с использованием вероятностной математической модели и табличного процессора MS Excel. Как установлено в работах [1, 2], распределение доремонтного и межремонтного ресурса автомобилей подчиняется нормальному закону. Для моделирования распределения ресурса выполним обратную интерполяцию интегральной функции нормального распределения с помощью функции табличного процессора Excel, которая возвращает обратное нормальное распределение:

$$x_i = \text{НОРМОБР}(y_i; \bar{x}; \sigma_x)$$

где x_i – значение ресурса i -го автомобиля, полученное по вероятностной модели, тыс. км; y_i – вероятность данного ресурса (изменяется от 0 до 1 с определенным шагом); \bar{x} – среднее значение ресурса автомобиля, тыс. км, принимается по данным [1, 3]; σ_x – среднее квадратическое отклонение распределения ресурса, которое находится через коэффициент вариации v_x (для нормального распределения $v_x = 0,3 \dots 0,4$ [1, 2]), т. е. $\sigma_x = \bar{x} \cdot v_x$. Результаты моделирования распределения пробега автомобиля КамАЗ-5320 до капитального ремонта представлены на рис. 1.

Полученное по модели распределение ресурса автомобилей или их агрегатов анализируется с использованием методов математической статистики в табличном процессоре MS Excel, определяется средний ресурс автомобиля, теоретический закон распределения ресурса, прогнозируется количество отказов в заданном интервале пробега по методике, изложенной в [1, 2].

Для реализации данного вычислительного эксперимента была разработана прикладная программа на базе табличного процессора MS Excel 2000 для моделирования и расчета показателей надежности автомобилей.

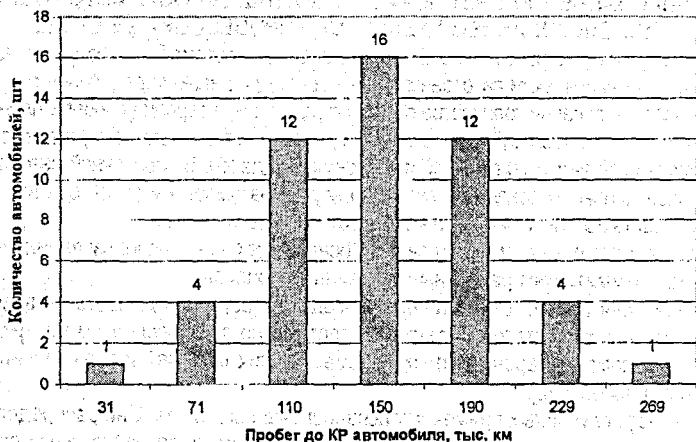


Рис. 1 Гистограмма распределения пробега автомобилей до капитального ремонта. Данную разработку возможно использовать в учебном процессе при проведении лабораторных работ по дисциплине «Научные исследования и решение инженерных задач» для студентов специальности 1 – 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей».

Рассмотренная выше прикладная программа позволяет автоматизировать процесс расчета показателей надежности автомобилей, статистической обработки экспериментальных данных. Результаты расчета представляются наглядно в виде графиков и таблиц. При этом студенты освобождаются от рутинных вычислений, изучая наиболее важные теоретические положения, обеспечивается экономия времени и средств на проведение реального эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Надежность и ремонт машин/ В. В. Курчаткин и др.; Под ред. В. В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
2. Научные исследования и решение инженерных задач: Учебн. пособие/ С. С. Кучур, М. М. Болбас, В. К. Ярошевич. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2003.
3. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта/ Министерство транспорта и коммуникаций. – Мн.: НПО «Транстехника», 1998. – 60 с.

УДК 621.9.044

Григорик Р.Н., Веремчиков К.В.

Научные руководители: Батрак В.В., Даркович Г.С, д.т.н., проф. Сазонов М.И.

ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЧУГУННЫХ ШТАМПОВ

Работа посвящена изучению особенностей плазменного упрочнения деталей из чугуна на примере штампа штамповочной машины. Для повышения надежности и долговечности деталей, экономии энергетических ресурсов используются различные способы упрочнения металлоизделий. Данная работа посвящена изучению особенностей закалки крупногабаритных изделий сложной конфигурации. Традиционно для их упрочнения используют объемную термозакалку [1]. Как показали исследования и практика, при таком способе упрочнения происходят большие затраты электроэнергии, других ресурсов; кроме того, невозможно произвести закалку с постоянной твердостью, в области кромок деталей возникают значительные напряжения, которые в процессе эксплуатации приводят к возникновению трещин и разрушению детали. Для решения этой проблемы предлагается применить поверхностное плазменное упрочнение при помощи сжатой движущейся плазменной дуги, горящей в среде аргона [2, 3]. Применение такого высококонцентрированного источника нагрева позволяет существенно снизить затраты энергии, осуществлять поверхностную закалку изделия, причем лишь только его изнашиваемых участков, что позволяет реализовать процесс упрочнения на незначительную глубину, исключая закалку его сердцевины и сохраняя тем самым свойства материала. Для реализации такого процесса был модернизирован плазменный генератор и создана плазменная установка. Исследования проводились на образцах из чугуна заданной толщины.

Проведены обследования деталей штампа после длительной работы, которые показали ряд типичных дефектов – поверхностная коррозия металла, затупление, растрескивание и выламывание режущей кромки, отламывание кусков в периферийной зоне.

Для повышения износостойкости в процессе трения и повышения сопротивляемости хрупкому разрушению в данной работе предлагается применить поверхностную термообработку детали (ПУ), как наиболее полно обеспечивающую оптимальное сочетание величины вязкости сердцевины детали с высокой поверхностной твердостью. Такое упрочнение реализуется путем локальной закалки при помощи быстро перемещающегося высокоинтенсивного высококонцентрированного источника тепла, а именно – плазменной дуги, генерируемой плазмотроном постоянного тока мощностью 1,0 – 1,4 кВт.

Такое упрочнение деталей характеризуется рядом преимуществ:

- достаточно малой глубиной закалки и всего лишь в местах износа;
- при ПУ твердость поверхностного слоя заметно выше, чем при объемной закалке;

- отсутствие термических деформаций изготавливаемой детали благодаря локальности и кратковременности взаимодействия плазмы с поверхностью чугуна.

Установка состоит из плазмотрона постоянного тока 2, силового источника 1 питания дуги, устройства ВЧ-поджига дуги 3, системы газоснабжения плазмотрона аргоном и системы водоохлаждения плазмотрона. Для перемещения плазмотрона с заданной скоростью создано устройство, реализующее плоскопараллельное движение по копиру упрочняемой детали относительно плазмотрона (рис. 1). Силовой источник обеспечивает горение дуги при напряжении 14-35 В и токах до 32 А, а его напряжение холостого хода - 60 В. При закалке различных деталей источник позволяет изменять ток от 6 А до 32 А.

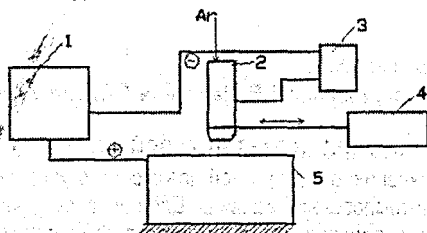


Рис. 1. Принципиальная схема установки для поверхностной плазменной закалки.

1 - силовой источник питания; 2 - плазмотрон; 3 - высокочастотный генератор; 4 - манипулятор; 5 - упрочняемая деталь.

Поджиг дуги производится при помощи высоковольтного ВЧ-генератора 3, который подключен одним полюсом к катоду плазмотрона, другим к его соплу. Перед запуском плазмотрона устанавливаются заданные расходы рабочего газа - аргона. Кроме того, задается определенная скорость перемещения плазмотрона на основе предварительно проведенных экспериментов по упрочнению на образцах. Затем на плазмотрон подается напряжение от силового источника и включается ВЧ-генератор, который обеспечивает пробой газового зазора между катодом и соплом; в этот момент сопло служит поджигающим электродом. По образовавшемуся искровому каналу развивается дежурная дуга между катодом и соплом, причем ток дуги ограничивается переменным сопротивлением, которое включено в электрическую цепь между соплом и анодом и устанавливается в пределах 4-6 А. Под действием потока аргона через плазмотрон слаботочная дуга выдувается из плазмотрона и замыкается на анод-деталь. Приложенное напряжение к плазмотрону от силового источника обеспечивает горение основной дуги между катодом и анодом, а дежурная дуга автоматически отключается.

Плазменная закалка производилась при токах дуги $I = 6 - 32$ А и использовании в качестве плазмообразующего газа аргона; в плазмотроне применено обжимающее сопло с диаметром отверстия, равном 1,2 мм. Скорость перемещения плазмотрона варьировалась от 4 до 27 мм/с. В результате проведенных экспериментов определены оптимальные параметры упрочнения, а именно скорость перемещения плазмотрона $v = 6$ мм/с, причем ток дуги составляет $I = 26$ А. Установлено, что ширина упрочненной плазменной дугой «дорожки» составляет 0,8-1,2 мм.

Исследованы твердость поверхностного слоя в зависимости от расхода аргона, тока дуги, скорости перемещения плазмотрона. На рис. 2 представлено типичное распределение твердости упрочненного слоя от тока дуги.

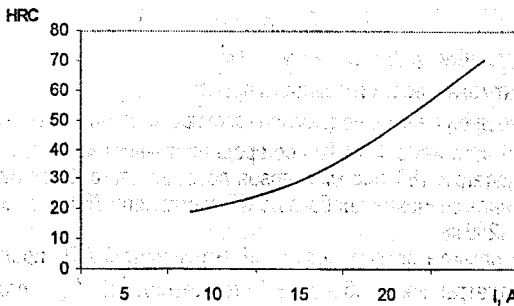


Рис.2. Распределение твердости упрочненного слоя от тока дуги.

Достигнуто увеличение микротвердости до 70 HRC, причем толщина упрочненного слоя может изменяться в зависимости от скорости упрочнения от 0,1 до 1,2 мм. Экспериментально подтверждена возможность закалки при наложении соседних дорожек друг на друга с расстояниями между их осями, равном 0,4 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Райцес В.Б. Термическая обработка. – М.: Машиностроение, 1980. – 247 с.
2. Спиридонов Н.В., Кобяков О.С., Куприянов И.Л. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин. – Мн.: Высшая школа, 1988. – 155 с.
3. Рыкалин Н.Н., Углов А.Л., Зуев И.В., Кокора А.Н. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Трощенко В.Т. Сопrotивление материалов деформированию и разрушению. – Киев: Наукова думка, 1994.

УДК 37.01:007+378.16

Головченко Ю.А.

Научный руководитель: к. т. н., доц. Монтик С.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ И СТОХАСТИЧЕСКОЙ МЕТОДИК РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Определение потребности в капитальном ремонте (КР) автомобилей для автотранспортного предприятия (АТП) является важной задачей, так как от неё зависит производственная программа АТП по техническому обслуживанию (ТО), годовой объём работ по ТО и диагностированию, величина фонда оборотных агрегатов, загрузка постов текущего ремонта (ТР) и ремонтных подразделений, а также финансовые потребности предприятия.

При детерминированной методике расчета годовой потребности в КР $N_{КР}^F$ определяется [1]:

$$N_{КР}^F = A_n \cdot \frac{L^F}{L_{КР}}, \quad (1)$$

где $L_{КР}$ – скорректированный пробег до КР;

L^F – годовой пробег одного автомобиля;

A_n – списочное количество автомобилей данной модели;

$$L' = l_{CC} \cdot \alpha_T \cdot D_{P.G.}, \quad (2)$$

где l_{CC} - среднесуточный пробег автомобиля, км;

α_T - коэффициент технической готовности парка;

$D_{P.G.}$ - количество дней работы подвижного состава на линии в течение года.

Например, для 50 автобусов MA3-105 со среднесуточным пробегом 200 км и пробегом с начала эксплуатации 180 тыс км годовая потребность в КР составляет 8,92. При этом скорректированное значение пробега до КР составляло 360 тыс км, годовой пробег одного автобуса – 64240 км.

В работе [2] для расчета потребности в КР автомобилей АТП предлагается учитывать, что такие параметры, как пробег до КР i -го автомобиля L_{KPi} , его годовой пробег L_{Ti} и пробег с начала эксплуатации L_{Oi} являются случайными величинами, которые имеют свои законы распределения.

Для определения количества КР для АТП за год по стохастической методике с помощью метода статистического моделирования на ЭВМ по заданным вероятностным математическим моделям моделируются возможные значения L_{KPi} , L_{Ti} , L_{Oi} для i -го автомобиля.

Каждый автомобиль потребует КР, если для него справедливо неравенство:

$$L_{Oi} + L_{Ti} > L_{KPi}, \quad (3)$$

Определение потребности в КР заключается в сравнении $L_{Oi} + L_{Ti}$ с L_{KPi} поочередно для всех автомобилей в АТП с суммированием полученных результатов.

Для расчета по стохастической методике выполнялось моделирование распределения пробега автомобилей до КР, их годового пробега и пробега с начала эксплуатации до начала рассматриваемого периода с помощью табличного процессора MS Excel.

Предполагалось, что данные пробеги распределяются по нормальному закону с коэффициентом вариации $v \leq 0,4$ (по рекомендациям из [2]). Для моделирования распределения пробега выполнялась обратная интерполяция интегральной функции нормального распределения с помощью функции табличного процессора MS Excel, которая возвращает нормальное распределение:

$$L_i = \text{НОРМОБР}(y_i; \bar{L}_i; \sigma_{L_i}), \quad (4)$$

где L_i - значение пробега i -го автомобиля, полученные по вероятностной математической модели, тыс км;

y_i - вероятность данного пробега (изменяется от 0 до 1 с определенным шагом);

\bar{L}_i - среднее значение моделируемого пробега, тыс км;

σ_{L_i} - среднее квадратическое отклонение пробега, которое находится через коэффициент вариации: $\sigma_{L_i} = \bar{L}_i \cdot v_{L_i}$.

Результаты моделирования пробегов L_{KPi} , L_{Ti} , L_{Oi} для 50 автобусов со средними значениями пробега до КР 360 тыс км, годового пробега одного автобуса 64240 км и коэффициентом вариации $v = 0,3$ представлены на рис.1. Выполняя проверку по выражению (3), определялась потребность в КР, которая составила 0 ремонтов в год.

В случае, если потребность в КР определялась из условия:

$$L_{Oi} + L_{Ti} > \bar{L}_{KPi}, \quad (5)$$

где \bar{L}_{KPi} - среднее скорректированное значение пробега до КР, тыс км, количество капитальных ремонтов в год составило 3 ремонта.

Результаты расчета потребности в КР по детерминированной и вероятностной методикам имеют значительное расхождение.

Стохастическая методика расчета, которая учитывает распределение пробегов, является более трудоемкой. Для получения достоверных результатов по этой методике необходима статистическая обработка данных по распределению годового пробега с начала эксплуатации автомобилей рассматриваемого АТП, а также данных по пробегам до КР автомобилей данной модели. Это позволит определить закон распределения рассматриваемых величин для моделирования.

Исходя из вышесказанного, для технологического расчета целесообразно применять детерминированную методику, изложенную в работе [1].

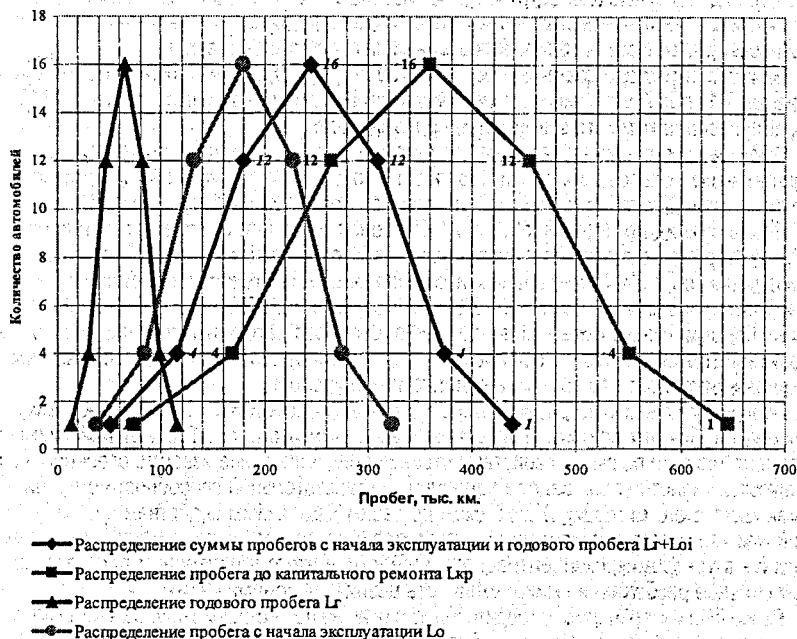


Рисунок 1 - Распределение пробегов автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учеб. для студентов спец. "Техническая эксплуатация автомобилей", учреждений, обеспечивающих получение высш. образования / М.М. Болбас [и др.]; под ред. М.М. Болбаса, - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2004.
2. Научные исследования и решение инженерных задач: Уч. пособие / С.С. Кучур, М.М. Болбас, В.К. Ярошевич. - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2003.

ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Авария на Чернобыльской АЭС потрясла всю нашу страну, и ее эхо до сих пор бьет по здоровью населения. Радиационная обстановка в Республике Беларусь определяется в основном последствиями катастрофы на ЧАЭС. В настоящее время внешний γ -фон во всех регионах Республики, за исключением некоторых районов, пришел к норме. В то же время продолжается инкорпорация радиоактивных веществ в основном за счет цезия-137. Обладая большой подвижностью, он с достаточно большой скоростью циркулирует по пищевым цепочкам «почва – растения – животные – мясо-молочные продукты – человек» или «почва – растения – человек» [1]. Радиационные элементы попадают из почвы в человеческий организм и обуславливают внутреннее облучение различных органов и тканей, существенно увеличивая предрасположенность органов к различным заболеваниям или напрямую вызывая их.

Период полураспада цезия-137 составляет 30 лет, для стронция-90 период получищения составляет 7-12 лет. А устойчивее других "окопался" в белорусской земле плутоний-240, период полураспада которого завершится через 6537 лет.

Из-за высокого уровня загрязнения радионуклидами пришлось вывести из сельскохозяйственного пользования почти 348 тыс. гектаров. Но несмотря на это, сейчас используется более 1,3 млн. гектаров с концентрацией цезия-137 свыше 1 кю/км.кв.

После аварии на Чернобыльской АЭС в зонах радиоактивного загрязнения оказались 132 месторождения минерально-сырьевых ресурсов, в том числе 47% запасов формовочных песков, 19% строительных и силикатных, 91% стекольных песков, 13% запасов глин для производства кирпича, 40% тугоплавких глин, 65% запасов строительного камня и 16% цементного сырья. Для измерений были взяты пробы гранитной крошки разных производителей Республики Беларусь и было установлено, что активность взятых материалов в несколько раз превышает допустимый уровень.

Большему удержанию радионуклидов в почве способствует наличие в ней химических элементов, близких по химическим свойствам к этим изотопам. Так, кальций - химический элемент, близкий по своим свойствам стронцию-90, и внесение извести, особенно на почвы с высокой кислотностью, ведет к увеличению поглотительной способности стронция-90 и к уменьшению его миграции. Калий схож по своим химическим свойствам с цезием-137. Калий, как неизотопный аналог цезия, находится в почве в макроколичествах, в то время как цезий - в ультромикроконцентрациях. Вследствие этого в почвенном растворе происходит сильное разбавление микроколичеств цезия-137 ионами калия.

Ранее был измерен грунт с территории, где раньше перегружали руду, обогащенную ураном, и по полученным данным активность радия-226 и тория-232 превышает допустимый уровень.

В ходе проведения исследований была замерена активность фосфатных удобрений, и было установлено, что эти удобрения содержат естественные радионуклиды рядов урана и тория. Эти радионуклиды накапливаются в почве, затем с пылью и продуктами питания попадают в организм.

Аккумулятором радионуклидов является лес, особенно хвойный. Чтобы в этом убедиться была измерена активность почвы (лесной подстилки) возле хвойных и березовых деревьев, растущих в одном и том же месте (парк воинов-интернационалистов), и коры древесины, а также опилки с этих деревьев. В хвойной коре и опилках в 6 раз больше радионуклидов, чем в березовой.

Для измерений также были взяты образцы древесины березы с разной окраской. Было выявлено, что в древесине березы неестественно зеленого цвета содержание стронция-90 значительно больше, чем в древесине березы обычного цвета.

Ежегодно потери древесных ресурсов превышают 2 млн. м³, а к 2010 г. они достигнут 3,5 млн. м³. В Гомельской области загрязнено радионуклидами 51,6% лесных массивов, в Могилевской – 36,4% общей площади заготовки древесины. В зонах радиационного загрязнения, где активность по цезию достигает 555 кБк/м² и выше, находится 340 промышленных предприятий. Такие огромные потери несет страна, не имеющая атомных электростанций на своей территории, но являющаяся «соседкой» трех действующих и одной «спящей» АЭС.

В настоящее время 23% территории Республики Беларусь загрязнено долгоживущими радиоактивными изотопами цезия-137, стронция-90 и различными изотопами плутония. Эти радиоактивные элементы и, в частности, наиболее распространенный из них – цезий-137, попадая в человеческий организм с продуктами питания, создают серьезную угрозу для здоровья, так как являются источником хронического внутреннего облучения организма, которое в настоящее время формирует более 80% всей дозы облучения, получаемой жителями Чернобыльской зоны Республики Беларусь[4].

Установление жестких допустимых уровней содержания цезия-137 и стронция-90 в основных дозообразующих продуктах питания является одной из наиболее эффективных мер радиационной защиты населения.

На территориях с относительно низким уровнем загрязнения контроль продуктов питания практически отсутствует. Как показала лабораторная практика, 10-17 % приносимых студентами продуктов питания из дома или купленных в киосках превышают допустимые уровни содержания радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах (РДУ-99).

Загрязнение воды водоемов происходило в первые дни после аварии в результате оседания аэрозолей выброса на их поверхность, а затем смыва дождевыми осадками с прилегающих территорий. В реках и озерах радионуклиды сосредоточены в донных отложениях и биоте. Наличие растительности в озерах, ее способность аккумулировать радионуклиды, вызывает накопление достаточно высокого уровня радиоактивности в донных отложениях. Среди обитателей рек существуют организмы-концентраторы, которые активно поглощают радионуклиды. Некоторые гидробионты концентрируют их в десятки раз больше по сравнению с содержанием радионуклидов в воде. Это – ракообразные, моллюски, водоросли и другие придонные организмы.

В г. Бресте, когда таможня стала проверять радиацию проезжающих машин и возвращала их назад, очень многие мыли машины в реке Мухавец, чтобы снизить активность, поэтому в реке Мухавец основная масса радиоактивных веществ сконцентрировалась в иле. Чтобы убедиться в этом, была замерена активность ила с реки Мухавец. Активность ила превысила норму в 4 раза.

Из проведенных исследований можно сделать вывод о том, что необходимо осуществлять постоянный контроль за содержанием радионуклидов в продуктах питания, особенно в сельских районах. Следует обеспечить контроль за использованием материалов с повышенным содержанием радионуклидов для строительства и наружной облицовки жилых и общественных зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чистик О.В. Экология: учебное пособие. – Мн: Новое знание, 2000 – 248 стр.
2. Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Республики Беларусь: 15 лет после Чернобыльской катастрофы, Национальный доклад. – Минск: 2001
3. "Радиоактивны ли мрамор и гранит?" – 2006, <http://www.vozr.com/stone.asp?articleid=63>.
4. "Послеаварийный радиомониторинг уровня накопления радионуклидов в продуктах питания и организме жителей черномыльских регионов Беларуси", доклад В.Б.Нестеренко, А.Н.Девойной, И.Э.Нестеренко, В.В.Голуба, А.В.Винникова, А.Мухлаева на Международной конференции «Пятнадцать лет Чернобыльской катастрофы. Опыт преодоления», 18-20 апреля 2001г., Киев, Украина.

5. "Меры радиационной защиты населения Беларуси после Чернобыльской катастрофы", доклад В.Б.Нестеренко на Международной конференции «Медицинские последствия Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 года, Киев, Украина.

6. "Защита от радиации. Научно-популярное пособие по основам радиационной безопасности населения" - <http://www.eco.scilib.debyansk.ru/2infres/radiation/glava6.html>.

7. "Результаты радиационного контроля пищевых продуктов за 2005 год" - <http://rcge.belhost.by/otrad/bulrad.zip>.

8. "Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия -137 и стронция - 90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)" - РНИУП "Институт радиологии", 2003.

УДК 509.63(476)

Коляда О. Н.

Научный руководитель: проф., д. г. н. РФ ВОЛЧЕК А. А.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ВНУТРИГODOVOE РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА МАЛЫХ РЕК БЕЛАРУСИ

Малые реки составляют до 95% всех рек Беларуси и определяют водный режим территории. В то же время они очень чувствительны к любым воздействиям как природного, так и антропогенного происхождения. В современных условиях антропогенного воздействия на водосборах в виде крупномасштабных мелиораций, урбанизации, строительства дорог и других инженерных сооружений стремительно растут. В этой связи необходимо моделировать и тщательно оценивать те или иные вторжения в речные экосистемы.

Целью настоящей работы является исследование влияния гидрографических характеристик на внутригодовое распределение стока малых рек Беларуси.

В качестве исходных данных использованы: среднегодовые величины модулей стока, среднегодовые величины расходов воды, а также гидрографические характеристики: долгота, широта, площадь водосбора, уклон рек, абсолютная отметка, уклон водотока, густота речной сети, площадь озёр, площадь болот, площадь заболоченных земель, площадь заболоченного леса, площадь сухого леса, общая заболоченность, распаханность по 69 рекам.

В качестве метода оценки влияния гидрографических характеристик на внутригодовое распределение стока рек использован регрессионный метод.

В связи с этим для каждой гидрографической характеристики были построены точечные диаграммы с проведенными на них осредненными линиями – линиями тренда, получены уравнения регрессии и соответствующие коэффициенты корреляции (r). Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$M = M_0(x + x_0), \quad (1)$$

где M – модуль стока, л/с с км²;

M_0 – градиент стока в зависимости от гидрографической характеристики;

x – гидрографическая характеристика;

x_0 – эмпирический коэффициент.

Произведено районирование территории по водосборам рек: Западная Двина, Неман, Западный Буг, Днепр, Березина, Сож, Припять.

Более детально рассмотрено влияние распаханности на сток малых рек Беларуси, для остальных гидрографических характеристик приведены только выводы.

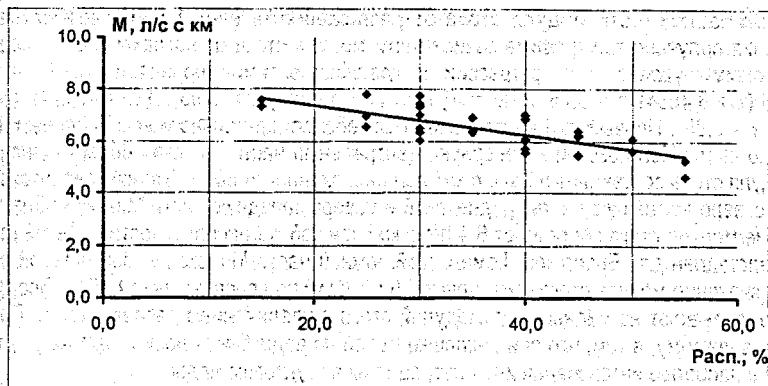


Рис.1. График зависимости модуля стока от распаханности (1).

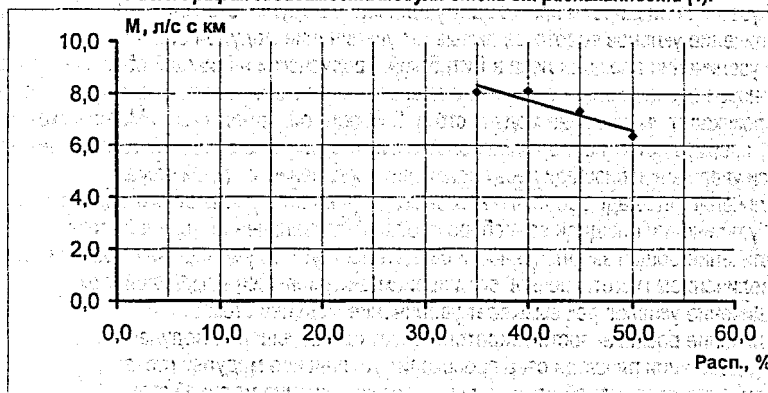


Рис.2. График зависимости модуля стока от распаханности (2).

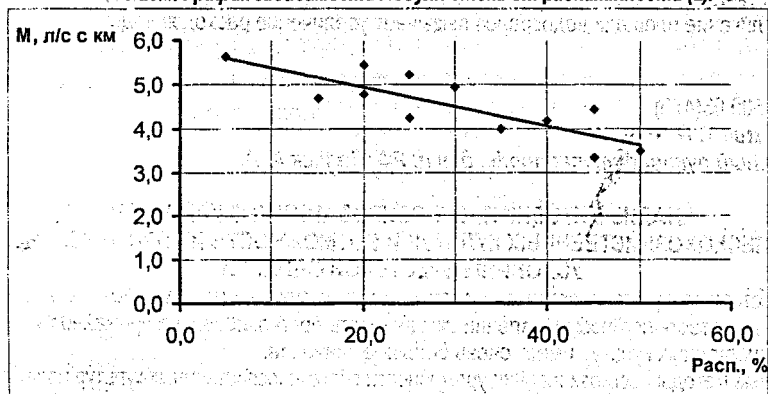


Рис.3. График зависимости модуля стока от распаханности (3).

График зависимости модуля стока от распаханности (рис. 1-3). По результатам построения получено три графика зависимости модуля стока от распаханности с соответствующими уравнениями регрессии и коэффициентами корреляции: 1) $M = -0,00555(x + 8,4684)$; $r = 0,75$; 2) $M = -0,1161(x + 12,388)$; $r = 0,93$; 3) $M = -0,0444(x + 5,8223)$; $r = 0,85$. Первый график описывает Витебскую, практически всю Гродненскую, северную часть Могилёвской и северную, центральную части Минской области (значение модуля стока составляет 5,7 л/с с км² при распаханности 50%). Второй график охватывает северо-восточную часть Гродненской и северо-западную части Минской области (значение модуля стока составляет 6,4 л/с с км² при той же распаханности). Третий график представлен для Брестской, Гомельской, южной части Минской и Могилёвской областей (значение модуля стока составляет 3,5 л/с с км² при распаханности 50%). Все три графика указывают на уменьшение модулей стока с увеличением распаханности. Причина, по-видимому, в том, что при распахке полей на водосборах происходит аккумуляция вод и наиболее интенсивная инфильтрация их в грунтовые воды.

Выводы:

- при увеличении широты происходит увеличение модулей стока;
- увеличение уклонов водотоков вызывает увеличение модулей стока;
- при увеличении площади леса в Витебской, Гродненской и Минской областях, сложенных дерново-подзолистыми почвами и с лесными массивами, состоящими из лиственных пород происходит уменьшение модулей стока. В Брестской, Гомельской и Могилёвской, сложенных, преимущественно, торфяно-болотными, глеевыми, дерново-заболоченными почвами, при увеличении площади леса происходит увеличение модулей стока;
- увеличение площади заболоченных земель приводит к уменьшению модулей стока;
- при увеличении площади водосбора происходит увеличение модулей стока;
- увеличение общей заболоченности свидетельствует об уменьшении модулей стока;
- с увеличением густоты речной сети происходит уменьшение модулей стока;
- увеличение уклонов рек вызывает увеличение модулей стока;
- увеличение распаханности свидетельствует об уменьшении модулей стока;
- при увеличении площади озёр происходит увеличение модулей стока;
- увеличение абсолютной отметки вызывает увеличение модулей стока;
- при увеличении площади болот происходит уменьшение модулей стока;
- увеличение площади водосборов вызывает увеличение расходов воды.

УДК 509.63(476)

Кузьмич Т. П.

Научный руководитель: проф., д.т.н. РФ Волчек А. А.

АНАЛИЗ МЕТОДИК ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ К УСЛОВИЯМ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

В настоящее время, в связи с климатическими изменениями и учащением неблагоприятных метеорологических явлений актуальность прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур имеет очень большое значение.

Первые методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур появились в 70-ых годах прошлого века. Первоначально было выделено шесть групп сельскохозяйственных культур, по которым стали разрабатываться методы агрометеорологических прогнозов: зерновые, технические, овощные, плодовые, субтропические и травы [4, 5].

Для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур применяют различные математические методы: авторегрессионные модели, метод экспоненциального сглаживания, метод гармонических весов, прогноз при помощи цепей Маркова.

Построение математических моделей формирования урожая сельскохозяйственных культур основывается на следующих принципах:

- принцип равнозначности – основные урожаеформирующие факторы внешней среды (свет, влага, тепло и др.) равноценны по своему влиянию на растение;
- принцип оптимума – каждая сельскохозяйственная культура в процессе развития выработала соответствующие именно ей требования, в рамках которых изменение любого фактора внешней среды может иметь благоприятное, нейтральное или неблагоприятное воздействие;
- принцип градиента – количественная оценка влияния факторов внешней среды осуществляется при помощи градиента, равного относительному отклонению показателя фактора среды от своего номинального значения, соответствующего максимальной урожайности.

Рассмотрим подробно три метода прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.

1. Метод гармонических весов

Основная идея метода [7] состоит в оценке наблюдений временного ряда, при которой более поздним наблюдениям придаются большие веса. Это означает, что более поздние наблюдения имеют большее влияние на прогнозируемую оценку.

В качестве некоторого приближения $f(t)$ истинного тренда $f(t)$ временного ряда урожайности сельскохозяйственных культур $Y_i (i=1, 2, 3, \dots, n)$ принимается ломаная линия, сглаживающая заданное число точек временного ряда Y_i . Отдельные отрезки ломаной линии (скользящего тренда) представляют его фазы. Для определения отдельных фаз скользящего тренда выбираем число $k < n$ и находим уравнение линейных отрезков:

$$Y_i(t) = a_i + b_i(t), \quad (t = 1, 2, \dots, n - k + 1) \quad (1)$$

где при $i = 1, t = 1, 2, \dots, k$; при $i = 2, t = 1, 2, \dots, k + 1$; при $i = n - k + 1, t = n - k + 1, n - k + 2$.

Параметры a_i и b_i уравнения (1) определяются методом наименьших квадратов.

Значения каждой функции $Y_i(t)$ определяем в точках $t = i + h - 1, (h = 1, 2, \dots, k)$. Количество определений $Y_i(t)$ в каждой точке t обозначим через g_t , а через $Y_i(t)$ - значение функции $Y_i(t)$ для $t = i$. Точки скользящего тренда – это средние значения всех $Y_i(t)$, определяющиеся по выражению:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \cdot \sum_{j=1}^{g_i} Y_j(t), \quad (j = 1, 2, \dots, g_i) \quad (2)$$

Приросты w_{i+1} функции $f(t)$ определяются по формуле:

$$w_{i+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{Y}_{i+1} - \bar{Y}_i \quad (3)$$

Вычисляется средняя приростов:

$$\bar{w} = \sum_{i=1}^{n-1} C_{i+1}^n \cdot w_{i+1} \quad (4)$$

где C_{i+1}^n - коэффициенты, удовлетворяющие условиям:

$$C_{i+1}^n > 0, \quad (t = 1, 2, \dots, n - 1) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} C_{i+1}^n = 1 \quad (6)$$

Гармонические коэффициенты определяются по формуле:

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{n-1} \quad (7)$$

где m_{t+1} — гармонические веса.

Выражение (4) позволяет предавать большие веса более поздним наблюдениям. При самых ранних наблюдениях, имеющих вес:

$$m_2 = \frac{1}{n-1} \quad (8)$$

вес информации m_3 , относящийся к следующему моменту времени определится по выражению:

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2} \quad (9)$$

Тогда ряд гармонических весов определится по уравнению:

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}, \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (10)$$

Начальное значение выражено в уравнении (8).

Предсказываемое значение тенденции временного ряда урожайности определяется по формуле:

$$\bar{Y}_{t+1} = \bar{Y}_t + \bar{w} \quad (11)$$

при начальном условии $\bar{Y}_1 = \bar{Y}_n$.

2. Аэрофотометрический метод

Метод агрометеорологического прогноза урожайности ранних яровых культур описывается на [3]:

- выполнение на основе методов объективного анализа разработок и приведению разнородной как в качественном, так и в пространственном смысле агрометеорологической информации к одной точке (узел регулярной сетки).

- создание динамической модели формирования урожая этих культур.

Данный метод позволяет определять параметры растительного покрова, повышает точность оценок состояния посевов сельскохозяйственных культур по площади. Но следует отметить, что площади районов, по которым пролегают маршруты аэрофотометрических обследований меньше площадей, по которым ведется расчет средних значений состояния посевов.

Таким образом, интерпретация фотометрической информации связана с решением задачи распространения ее на территории, которые значительно больше обследованных.

С появлением аэрофотометрической информации возникает задача согласования в единой схеме прогноза наземной и самолетной информации.

Переход от данных в точке к данным по площади и согласование разнородной информации возможны при использовании методов объективного анализа, которые позволяют получать значения рассматриваемых параметров в узлах регулярной сетки.

3. Регрессионный анализ временных рядов урожайности

Данный метод позволяет оценить влияние климатических изменений на формирование урожая сельскохозяйственных культур [1].

Урожайность можно представить так:

$$Y(t) = Y_{\phi}(t) \pm \Delta Y(t) \quad (12)$$

где $Y(t)$ — планируемая урожайность в расчетном году, ц/га; $Y_{\phi}(t)$ — фоновый урожай в том же году, ц/га; $\pm \Delta Y$ — отклонение фактической урожайности от фоновой, ц/га.

Влияние технологических факторов, таких как плодородие почв, уровень агротехники, сорта культур, антропогенные нагрузки с достаточной точностью можно описать многочленом второй степени:

$$Y_{\phi}(t) = a \cdot t^2 + b \cdot t + c \quad (13)$$

Данное уравнение описывает фоновую урожайность. Разность между фактической урожайностью и фоновой составляет отклонения, определяющиеся погодными условиями.

Динамика погодной составляющей урожайности $\pm Y(t)$ может быть представлена в виде аддитивной функции.

$$\pm Y(t) = u(t) \pm \eta(t), \quad (14)$$

где $u(t)$ - детерминированная функция; $\eta(t)$ - случайная составляющая.

Периодическая составляющая или тренды погодной составляющей урожайности могут быть описаны с помощью различных статистических методов:

$$u(t) = f(\Delta P_i, \Delta T_i, \Delta W_i) \quad (15)$$

где ΔP_i - отклонение атмосферных осадков от нормы в i -тый интервал времени; ΔT_i - отклонение температуры воздуха в i -тый интервал времени; ΔW_i - отклонение влагозапасов 50 см. почвы в i -тый интервал времени.

Случайная составляющая урожайности сельскохозяйственных культур определяется вероятностным методом:

$$\pm \eta(P_{\%}) = \pm \bar{\eta}(\Phi_{P_{\%}} \cdot C_v + 1), \quad (16)$$

где $\bar{\eta}$ - среднее значение случайной составляющей урожайности, ц/га; $\Phi_{P_{\%}}$ - числа Фостера расчетной обеспеченности; C_v - коэффициент вариации.

С помощью стандартных статистических методов находят значения средней величины случайной составляющей ($\bar{\eta}$) для благоприятных ($P < 50\%$) и неблагоприятных ($P > 50\%$) лет, коэффициенты вариации (C_v) и асимметрии (C_s).

По найденным параметрам строят теоретическую кривую обеспеченности. Далее, используя таблицу случайных чисел, путем розыгрыша, моделируются значения обеспеченности (P). Таким образом, имея ограниченный объем информации, можно получить, при принятом законе распределения, временной ряд урожайности практически неограниченной длины.

Важнейшим направлением в экономическом развитии Брестской области является сельское хозяйство. Этому способствует ее географическое положение, климат и мелиорации, проведенные в Брестской области в 50-ых годах прошлого века.

На 1 января 2004 года, сельскохозяйственные земли составили 1456,4 тыс. га, а удельный вес мелиорированных сельскохозяйственных земель от общей площади составлял 48,6 % [6].

Важнейшей сельскохозяйственной культурой в Брестской области является озимая рожь. Проанализируем динамику урожайности озимой ржи по Барановичскому и Столинскому районам. Для этого используем метод регрессионного анализа временных рядов урожайности сельскохозяйственных культур. Вегетационный период для озимой ржи был принят сентябрь - декабрь предыдущего года и январь - июль текущего.

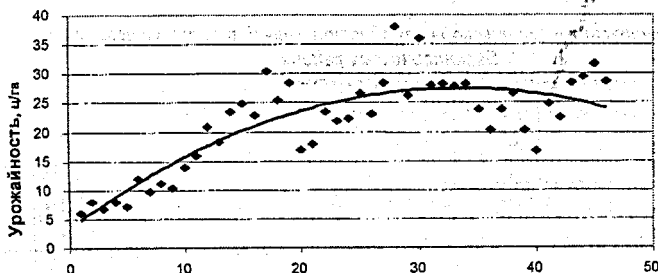


Рис. 1. Динамика урожайности озимой ржи по Барановичскому району

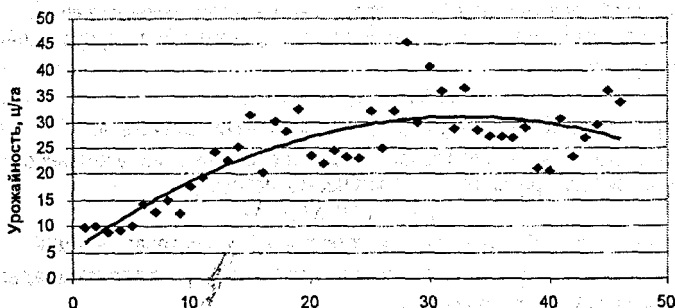


Рис. 2. Динамика урожайности озимой ржи по Столинскому району

По рисункам 1 и 2, на которых представлена динамика урожайности озимой ржи, видно, что для данных районов характерна устойчивая тенденция возрастания урожайности до 1990 года. Это вызвано переходом сельского хозяйства на интенсивный путь развития, совершенствованием технологий, посевного материала и удобрений. Но после 1990 года начался постепенный спад урожайности. Максимальная урожайность наблюдалась в 1987 году в Столинском районе.

По полученным уравнениям тренда находим отклонения фактической урожайности от расчетной. Результаты представлены в таблице 1 и на рисунках 3, 4.

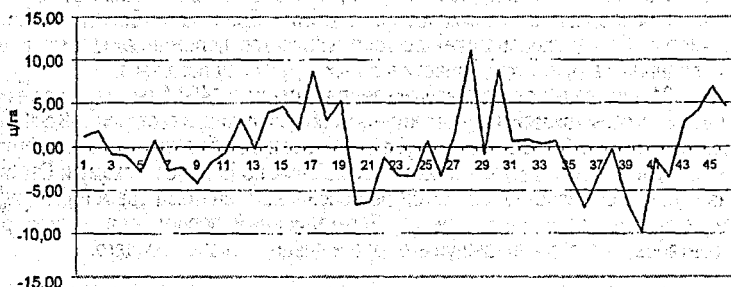


Рис. 3. Отклонения фактической урожайности озимой ржи от расчетной по Барановичскому району

Таблица 1. Отклонения фактической урожайности озимой ржи от расчетной.

Год	Барановичский район				Столинский район				Коефф. детерминации R ²
	Урожайность, ц/га		Уравнение линии тренда	Коефф. детерминации R ²	Урожайность, ц/га		Уравнение линии тренда	Коефф. детерминации R ²	
	У _ф	У _{расч.}			У _ф	У _{расч.}			
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
1960	6	4,83	1,17	$y = -0,0217x^2 + 1,4478x + 3,405$	9,7	6,92	2,78	$y = -0,024x^2 + 1,5672x + 5,3773$	0,66
1961	8	6,21	1,79		10,1	8,42	1,68		
1962	6,7	7,55	-0,85		8,9	9,86	-0,96		
1963	7,9	8,85	-0,95		9,2	11,26	-2,06		
1964	7,2	10,10	-2,90		10	12,61	-2,61		
1965	12	11,31	0,69		14,2	13,92	0,28		
1966	9,7	12,48	-2,78		12,7	15,17	-2,47		
1967	11,2	13,60	-2,40		15	16,38	-1,38		
1968	10,4	14,68	-4,28		12,6	17,54	-4,94		
1969	13,9	15,71	-1,81		17,7	18,65	-0,95		
1970	15,9	16,71	-0,81		19,3	19,71	-0,41		
1971	20,8	17,65	3,15		24,3	20,73	3,57		
1972	18,4	18,56	-0,16		22,5	21,70	0,80		
1973	23,4	19,42	3,98		25,3	22,61	2,69		
1974	24,9	20,24	4,66		31,4	23,49	7,91		
1975	22,9	21,01	1,89		20,4	24,31	-3,91		
1976	30,4	21,75	8,65		30,1	25,08	5,02		
1977	25,4	22,43	2,97		28,1	25,81	2,29		
1978	28,4	23,08	5,32	32,7	26,49	6,21			
1979	17	23,68	-6,68	23,5	27,12	-3,62			
1980	17,9	24,24	-6,34	22,1	27,70	-5,60			
1981	23,5	24,75	-1,25	24,6	28,24	-3,64			

Продолжение таблицы 1

1982	21,9	25,23	-3,33			23,3	28,73	-5,43
1983	22,2	25,65	-3,45			23,1	29,17	-6,07
1984	26,7	26,04	0,66			32,1	29,56	2,54
1985	23	26,38	-3,38			25	29,90	-4,90
1986	28,4	26,68	1,72			32	30,20	1,80
1987	38	26,93	11,07			45,4	30,44	14,9
1988	26,2	27,14	-0,94			30	30,64	-0,64
1989	36,1	27,31	8,79			40,7	30,79	9,91
1990	28,1	27,43	0,67			36,1	30,90	5,20
1991	28,3	27,51	0,79			28,7	30,95	-2,25
1992	27,9	27,55	0,35			36,6	30,96	5,64
1993	28,2	27,55	0,65			28,5	30,92	-2,42
1994	23,9	27,50	-3,60			27,2	30,83	-3,63
1995	20,3	27,40	-7,10			27,3	30,69	-3,39
1996	23,8	27,27	-3,47			26,9	30,51	-3,61
1997	26,7	27,09	-0,39			28,8	30,28	-1,48
1998	20,3	26,86	-6,56			21	29,99	-8,99
1999	16,7	26,60	-9,90			20,7	29,67	-8,97
2000	24,9	26,29	-1,39			30,7	29,29	1,41
2001	22,4	25,93	-3,53			23,4	28,86	-5,46
2002	28,4	25,54	2,86			26,9	28,39	-1,49
2003	29,4	25,10	4,30			29,4	27,87	1,53
2004	31,6	24,61	6,99			36,1	27,30	8,80
2005	28,7	24,09	4,61			33,8	26,68	7,12

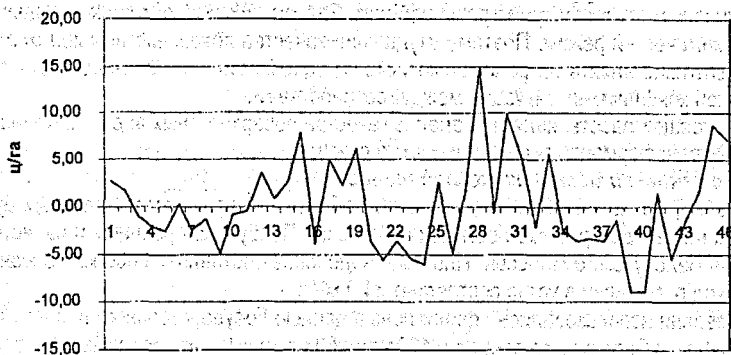


Рис. 4 Отклонения фактической урожайности озимой ржи от расчетной по Столинскому району

Исследования показали, что в настоящее время наиболее перспективным методом прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур для Брестской области является регрессионный анализ. Это подтверждается анализом динамики урожайности озимой ржи по Барановичскому и Столинскому районам, давшим положительные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волчек А. А., Плужников В. Н. Пространственно-временные колебания элементов водного баланса (на примере Беларуси) // Водные ресурсы. – 1991. – № 5. – с. 21-38.
2. Лихащевич А. П. Модель влияния регулируемых факторов окружающей среды на урожай сельскохозяйственных культур // Мелиорация переувлажненных земель. – 2004. – №2 (25). – с. 123-143.
3. Рачкулик В. И., Ситникова М. Ф. Методические указания по определению параметров растительного покрова методом отношения коэффициентов яркости в двух участках спектра (по наземным, самолетным, вертолетным измерениям). – Ташкент, 1972. – 39 с.
4. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1984. – т.1. – 309 с.
5. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1984. – т.2. – 309 с.
6. Статистический ежегодник. Брестская область. – Брест. – 2004. – 335 с.
7. Френкель А. А. Математические методы анализа динамики и прогнозирования производительности труда. – М.: Экономика. – 1972. – 190 с.

УДК 612.16

Царюк С.С.

Научный руководитель: АСС. Волчек Ан.А.

АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД Р. МУХАВЕЦ

Введение

Под воздействием природных и антропогенных факторов происходят изменения гидрохимического режима рек и зачастую не в лучшую сторону. Этот процесс, по мере роста промышленного производства, городов и интенсификации сельского хозяйства, будет нарастать. Река Мухавец не является исключением, картина усугубляется тем, что она

является основным притоком трансграничной реки Западный Буг и во многом определяет его гидрохимический режим. Поэтому ухудшение качества поверхностных вод может не только негативно влиять на речную экосистему, эффективность производства, но и стать причиной конфликтных ситуаций между государствами.

Целью настоящей работы является анализ качества поверхностных вод р. Мухавец и определение трансформации гидрохимического режима.

Исходные данные и методика исследований

Река Мухавец, являясь наиболее крупным правобережным притоком р. Западный Буг, расположена на западе Брестской области в верховье Прибужской равнины и является типичной для Белорусского Полесья. Площадь водосбора составляет 6600 км², среднегодовой расход р. Мухавец в устье составляет 34,9 м³/с.

В исследовании использовались официальные данные Государственного водного кадастра Республики Беларусь за период с 1994 по 2005 г., а именно - содержание в воде растворенного кислорода, никеля, нефтепродуктов, железа, меди, цинка, фосфатов, азота нитритного, азота аммонийного, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), индекс загрязнения, биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅).

Основным стандартом качества речных вод в Беларуси является предельно допустимая концентрация химических веществ (ПДК), устанавливаемая для водных объектов различного назначения. Оценка качества воды при этом производится с использованием интегрального показателя – индекса загрязнения воды (ИЗВ), при помощи которого идентифицируются 7 различных степеней загрязнения поверхностных вод.

Величина критерия ИЗВ нормирована, и эта норма является экспертной оценкой; в зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяются на классы (табл. 1). Данная система оценки качества воды является наиболее распространенной из-за ее относительной простоты, несмотря на очевидные недостатки.

Таблица 1. Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения вод

Оценка качества воды	Значение ИЗВ	Классы вод
Очень чистые	до 0,2	1
Чистые	0,2 – 1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0 – 2,0	3
Загрязненные	2,0 – 4,0	4
Грязная	4,0 – 6,0	5
Очень грязная	6,0 – 10,0	6
Чрезвычайно грязная	>10,0	7

Обсуждение результатов

По степени загрязненности поверхностных вод и донных отложений в 2005 г. р. Мухавец соответствует II–III (чистые, умеренно-загрязненные) классу качества [Государственный ..., 2006]. По данным Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды поверхностные воды р. Мухавец загрязнены в основном легко окисляемыми органическими веществами, соединениями азота и фосфора, тяжелыми металлами и нефтепродуктами, а также соединениями меди, цинка, содержание которых составляет соответственно 0,002 – 0,009 мг/дм³ и 0,01 – 0,023 мг/дм³.

Антропогенная нагрузка со стороны водопотребителей определяется в целом двумя разнонаправленными процессами. Первый – снижение объема производства и, следовательно, образующегося количества загрязняющих веществ. Второй – снижение эф-

фактивности действия водоохраных мероприятий, в частности очистки сточных вод. Сопоставление концентраций загрязняющих веществ в природных и сточных водах указывает на то, что качество сточных вод гораздо хуже качества природных вод, т. е. средоточенные источники загрязнения продолжают оставаться существенным элементом ухудшения качества водной среды. В 2005 г. в бассейне Мухавца мощность городских очистных сооружений составляла 10 млн м³. Несмотря на то, что через них прошло только 7 млн м³, качество очистки не всегда достигает нужного эффекта [1]. Это связано, в основном, с тем, что на очистные сооружения многих предприятий поступают сточные воды, в которых концентрация загрязняющих веществ значительно выше нормативов, имеются случаи перегрузки очистных сооружений по объему принимаемых сточных вод.

Таблица 2. Значения величин индекса сапробности, биотического индекса и класса чистоты на стационарных створах р. Мухавец в 2005 г.

Населенный пункт, створ		Индекс сапробности по Пантле и Букку		Биотический индекс зообентос	Класс чистоты
		фитопланктон	зоопланктон		
г. Кобрин	1,8 км выше	2,19	1,53	6 – 8	II – III
г. Кобрин	1,7 км ниже	1,89	1,66	4 – 7	III
г. Брест	0,8 км выше	1,68	1,52	3 – 9	III
г. Брест	в черте города	1,80	1,58	3 – 7	III

С 2000 г. в перечень загрязняющих веществ, определяющих ИЗВ, включен только цинк. Следует иметь в виду, что высокое содержание в воде рек железа общего и марганца обусловлено, главным образом, природными процессами и не вызывает опасений функционирования речных экосистем (рис.1).

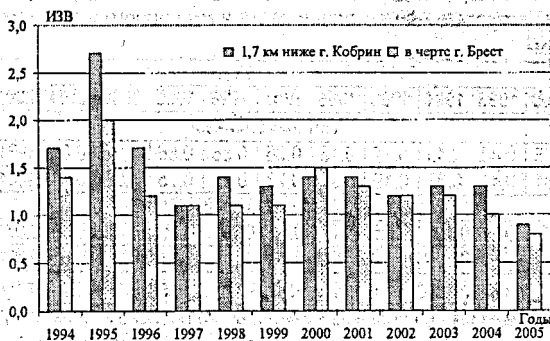


Рис. 1. Изменение индекса загрязненности речной воды в р. Мухавец

Источником загрязнения воды рек является поверхностный сток с городских территорий (Кобрин, Жабинка, Брест), возникающий в период дождей, в процессе таяния снега и полива улиц, – в результате смыва с благоустроенных городских и производственных территорий. Загрязненность этих стоков сопоставима с хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Концентрация нефтепродуктов в период с 80-х годов в р. Мухавец изменялась от 11 до 76 ПДК. В среднем за последние десять лет концентрация нефтепродуктов снизилась в 10 раз (табл. 3).

Таблица 3. Среднегодовые концентрации нефтепродуктов в р. Мухавец, мг/дм³

Створ	Годы														
	1985	1990	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Кобрин	0,79	0,12	0,22	0,16	0,49	0,22	0,13	0,06	0,06	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
Брест	0,89	0,20	0,32	0,10	0,35	0,17	0,13	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Мощным источником загрязнения вод является сток с сельскохозяйственных угодий. Применение средств химизации и бесподстилочного навоза также оказывает влияние на состояние почвенного покрова и водных ресурсов.

При внесении значительных доз удобрений в грунтовых водах появляются заметные концентрации нитратов, возрастает содержание ионов Cl^- , N_3^- и K^+ . С грунтовым и дренажным стоком эти компоненты попадают в мелиоративные каналы, реки и пруды, загрязняя их и ускоряя процессы их эвтрофикации. Негативные явления проявились также в повышении минерализации вод (в 1,5 – 2,0 раза), в увеличении в поверхностных водах содержания азота и фосфора. Процесс осушения сопровождается ростом минерализации (SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , реже HCO_3^-). Сульфаты – характерный компонент грунтовых вод осушенных земель. Накопление в водах ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} определяется процессами разрушения осушенного торфа. В 2000 г. наблюдалась высокая концентрация в воде бассейна Мухавца железа общего.

Максимум содержания азота аммонийного наблюдался в 2003 г., однако в настоящее время величина концентраций ниже ПДК (табл. 4). Загрязнение речных вод нитритным азотом по сравнению с аммонийным значительно ниже. За последнее десятилетие произошло некоторое снижение концентраций нитритного азота, однако, несмотря на это, по-прежнему выше допустимого значения наблюдаются на р. Мухавец (табл. 4). Концентрация аммонийного азота в поверхностных водах довольно часто превышает ПДК. В р. Мухавец на участке от Кобрина до Бреста содержание азота аммонийного составляет 1,4 – 2,3 ПДК.

Таблица 4. Среднегодовые концентрации азота аммонийного и азота нитритного в воде р. Мухавец, мг/дм³

Створ	Годы														
	1985	1990	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Азот аммонийный															
Кобрин	0,09	0,25	0,43	0,45	0,17	0,18	0,36	0,86	0,86	0,85	0,81	0,61	1,21	0,84	0,33
Брест	0,14	0,31	0,41	0,37	0,19	0,23	0,23	0,75	0,75	0,67	0,58	0,64	1,05	0,58	0,38
Азот нитритный															
Кобрин	0,013	0,011	0,024	0,031	0,026	0,180	0,36	0,021	0,021	0,012	0,019	0,031	0,021	0,021	0,018
Брест	0,013	0,033	0,037	0,050	0,014	0,230	0,23	0,02	0,020	0,036	0,031	0,034	0,024	0,018	0,018

Наличие в поверхностных водах взвешенных веществ свидетельствует о её загрязнённости нерастворимыми примесями в основном минерального происхождения. На рис. 2 представлена динамика изменения содержания взвешенных веществ в р. Мухавец за 1994 – 2005 гг.

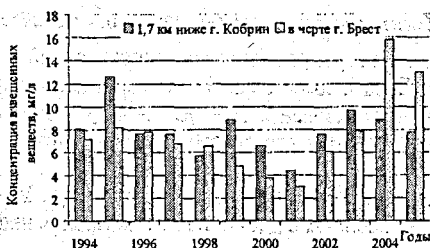


Рис. 2. Динамика изменения содержания взвешенных веществ в р. Мухавец

Присутствие в поверхностных водах легкоокисляемых органических веществ идентифицируется величиной БПК₅, фоновое значение которой составляет 1,2 – 2,0 мг/дм³. Исследования показали, что в р. Мухавец наблюдается стабильно неудовлетворительное состояние поверхностных вод по показателю БПК₅. Главная причина – неэффективно работающие сооружения биологической очистки на городских станциях аэрации.

Периодически действующим источником загрязнения вод биогенными веществами являются и атмосферные осадки, которые в значительной степени загрязнены. Основными источниками трансграничного загрязнения воздушного бассейна являются сернистые соединения [2].

Тенденция изменения среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ в воде р. Мухавец с помощью линейных трендов и представлена на рис. 3.

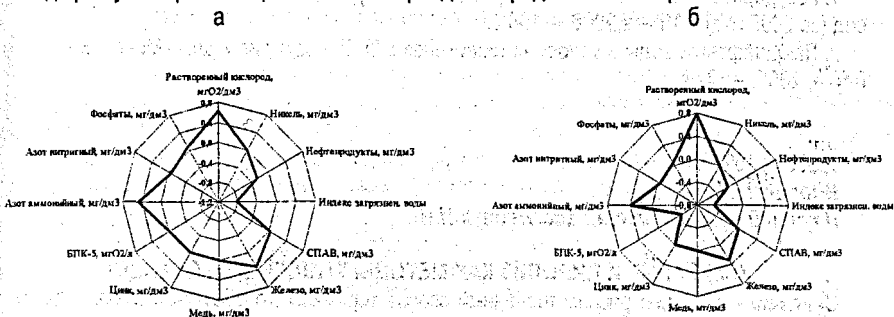


Рис. 3. Градиенты изменения среднегодовых концентраций приоритетных веществ в воде р. Мухавец: а) 1,7 км ниже г. Кобрин; б) в черте г. Брест

Как показывает анализ табл. 5, значительные уменьшения произошли по никелю, цинку, нефтепродуктам, ИЗВ: Наметились тенденции к уменьшению по БПК₅, азоту нитритному. В то же время увеличилось содержание СПАВ, фосфатов, имеет место некоторое увеличение по железу, азоту аммонийному, растворенному кислороду.

Таблица 5. Градиенты изменения среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ в воде р. Мухавец

Створ	Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³	Никель, мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³	Индекс загрязнения воды	СПАВ, мг/дм ³	Железо, мг/дм ³	Медь, мг/дм ³	Цинк, мг/дм ³	БПК ₅ , мгО ₂ /л	Азот аммонийный, мг/дм ³	Азот нитритный, мг/дм ³	Фосфаты, мг/дм ³
Кобрин	0,62	-0,005	-0,27	-0,825	0,028	0,329	0,002	-0,015	-0,01	0,457	-0,064	0,066
	0,41	0,80	-0,70	-0,66	0,68	0,44	0,43	-0,79	-0,01	0,51	-0,24	0,68
Брест	0,79	-0,001	-0,17	-0,493	0,040	0,312	-0,002	-0,006	-0,48	0,385	-0,041	0,049
	0,41	-0,36	-0,66	-0,59	0,71	0,46	-0,39	-0,37	-0,45	0,55	-0,24	0,74

Примечание. В числителе приведены градиенты α мг/дм³/10лет, в знаменателе – коэффициенты корреляции. Выделены статистически значимые параметры.

Заключение

В настоящее время состояние водной экосистемы р. Мухавец несколько улучшилось и соответствует категории чистые – умеренно загрязненные. Это выражается в тенденции уменьшения количества сбрасываемых сточных вод в р. Мухавец. Однако картина

состояния качества воды в реке остается сложной: увеличились концентрации загрязнений по таким показателям, как БПК₅, азот аммонийный, фосфаты, взвешенные вещества. Основной причиной дестабилизации между антропогенной нагрузкой и самоочищающей способностью реки являются недостаточно очищенные сточные воды (хозяйственно-бытовые, производственные, дождевые), поступающие в реку. Приоритетными решениями проблемы улучшения качества воды р. Мухавец является интенсификация работы коммунальных очистных сооружений, строительство локальных очистных сооружений на предприятиях АПК, очистка дождевого стока и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2005 год). - Минск, 2006. - 106 с.

2. Ландшафтные воды в условиях техногенеза/ О. В. Кадацкая и др. - Минск: Бел. наука, 2005. - 347 с.

УДК 628.162

Вдовиченко И.Г.

Научный руководитель: асс. Левчук Н.В.

СЖИГАНИЕ И ПИРОЛИЗ КАК МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Сжигание - наиболее распространенный способ термического обезвреживания промышленных отходов. Сжигание осуществляется в печах и топках различных конструкций.

Промышленные печи — это технологические или энерготехнологические агрегаты, в которых тепло сожженного твердого, жидкого или газообразного топлива или нагрев, производимый электрическим током, используются для технологических либо отопительных целей. Топка представляет собой устройство для сжигания топлива в печах и паровых котлах и является одним из элементов печи [1].

В основу классификации топочных устройств для сжигания отходов положены признаки аэродинамического характера как наиболее важные, так как ими определяется подвод окислителя к реагирующей поверхности, что в наибольшей мере влияет на удельную теплопроизводительность и экономичность топочного процесса. В этой связи различают топки слоевые — для сжигания кускового топлива, например неизмельченных твердых бытовых отходов (ТБО), и камерные - для сжигания газообразных и жидких отходов, а также твердых отходов в пылевидном (или мелкодробленом) состоянии. Комбинированный способ сжигания реализуется в факельно-слоевых топках. Особое место в этой классификации занимают барботажные и турбобарботажные топки для сжигания жидких отходов.

Слоевые топки подразделяют на топки с плотным и кипящим слоем, камерные — на факельные прямоточные и циклонные (вихревые). Слоевые топки с плотным слоем, чаще их называют просто "слоевыми топками", могут быть с колосниковой решеткой либо без нее.

Топки для слоевого сжигания, которые более других используются для сжигания твердых отходов (прежде всего ТБО и их смеси с производственным мусором), классифицированы по ряду других признаков: способам подачи и воспламенения отходов, удаления шлака и т.д. По режиму подачи отходов в слой различают топочные устройства с периодической и непрерывной загрузкой. По организации тепловой подготовки и воспламенения отходов в слое различают топки с нижним, верхним и смешанным (неограниченным) воспламенением. По способу подвода к слою топлива (отходов) существу-

ют следующие схемы, отличающиеся сочетанием направлений газозвдушного и топливно-шлакового потоков: встречные (противоток), параллельные (прямоток), поперечные (перекрестный ток) и смешанные [5].

Многочисленные исследования горящего слоя топлива (методами зонотрии, над-слойного газового анализа, газообразования в слое, распределения температур в слое) позволили условно разделить весь процесс в нем на три основных периода: подготовка топлива (отходов) к горению, собственно горение (окислительная и восстановительная зоны), дожигание горючих и очаговых остатков. В зоне подготовки отходы прогреваются, из них удаляется влага, и выделяются летучие вещества, образовавшиеся в результате нагрева отходов. В кислородной зоне происходит сгорание углерода кокса с образованием диоксида и частично оксида углерода, в результате чего выделяется основное количество тепла в слое. В конце кислородной зоны наблюдается максимальная концентрация CO_2 и температура слоя. Непосредственно к кислородной зоне примыкает восстановительная зона, в которой происходит восстановление диоксида углерода, оксида углерода с потреблением известного количества тепла. Заканчивается процесс горения выжиганием кокса. Слоевые топки получили широкое применение для сжигания твердых бытовых и близких к ним по морфологическому составу промышленных отходов.

Схема мусоросжигательного завода показана на рис. 1.

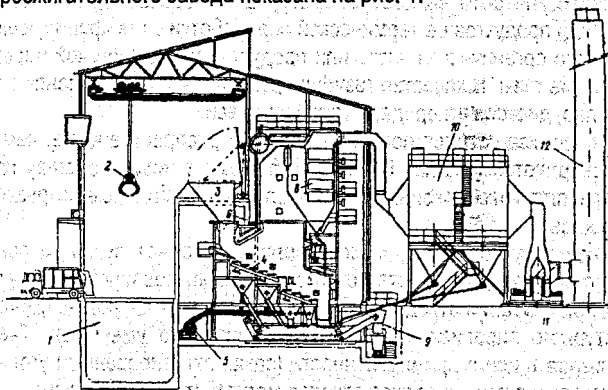


Рис. 1. Схема мусоросжигательного завода:

- 1 – приемный бункер; 2 – грейфер; 3 – загрузочный бункер; 4 – колосники; 5 – воздуходувка; 6 – камерная печь; 7 – форсунка; 8 – паровой котел; 9 – транспортирующее устройство; 10 – электрофильтр; 11 – дымосос; 12 – труба [3].

Подлежащие сжиганию отходы специализированным автотранспортом привозят на завод и разгружают в приемный бункер 1, откуда грейфером 2 подают в загрузочный бункер 3 камерной печи 6. Печь оборудована ступенчато расположенными подвижными колосниками 4, под которые воздуходувкой 5 подается воздух, необходимый для процесса горения. Жидкие горючие отходы могут впрыскиваться в печь форсункой 7. Дымовые газы отдают тепло в котле 8, очищаются в электрофильтре 10 и при помощи дымососа 11 выбрасываются в атмосферу через трубу 12. Шлак, перемещающийся с колосниковой решетки, охлаждается водой и направляется на складирование транспортирующим устройством 9. Тепло, выработанное в котле, может использоваться непосредственно в виде пара или расходоваться на производство электроэнергии.

Жидкие отходы химической промышленности, нефтесодержащие сточные воды, растворители и прочие виды жидких отходов могут сжигаться двумя способами — в распыленном состоянии и над слоем (последнее преимущественно для жидких горючих отходов) [1].

Пиролиз представляет собой процесс разложения органических соединений под действием высоких температур при отсутствии или недостатке кислорода. Характеризуется протеканием реакций взаимодействия и уплотнения остаточных фрагментов, исходных молекул, в результате чего происходит расщепление органической массы, рекомбинация продуктов расщепления с получением термодинамически стабильных веществ: твердого остатка, смолы, газа. Применяя термин "пиролиз" к термическому преобразованию органического материала, подразумевают не только его распад, но и синтез новых продуктов. Эти стадии процесса взаимно связаны и протекают одновременно с тем лишь различием, что каждая из них преобладает в определенном интервале температуры или времени.

Общую схему пиролиза можно представить следующим образом: твердые отходы + Q → твердый остаток + жидкие продукты + газы ± Qi (где Q — дополнительное тепло, Qi — вторичное тепло) [1].

Следует отличать пиролиз от близкого к нему процесса газификации. Газификация является термохимическим высокотемпературным процессом взаимодействия органической массы или продуктов ее термической переработки с газифицирующими агентами, в результате чего органическая часть или продукты ее термической переработки обращаются в горючие газы. В качестве газифицирующих агентов применяют воздух, кислород, водяной пар, диоксид углерода, а также их смеси.

Процессы пиролиза отходов получили большее распространение, чем газификация. Пиролизу подвергаются твердые бытовые и близкие к ним по составу промышленные отходы, отходы пластмасс, резины (в том числе, автомобильные покрышки), другие органические отходы.

С санитарной точки зрения процесс пиролиза обладает лучшими показателями по сравнению с сжиганием. Количество отходящих газов, подвергаемых очистке, намного меньше, чем при сжигании отходов. Объем твердого остатка, получаемого по схеме высокотемпературного пиролиза, может быть значительно уменьшен. Твердый остаток можно использовать или в промышленности (сажа, активированный уголь и др.). Таким образом, некоторые схемы пиролиза отходов могут быть безотходными.

В настоящее время известно более 50 систем по пиролизу отходов, отличающихся друг от друга видом исходного сырья (отходов), температурой процесса и конструктивными решениями технологической схемы переработки сырья [1].

В основу классификации пиролизных установок положен температурный уровень процесса, так как именно температура в реакторе определяет выход и качество продуктов пиролиза отходов того или иного состава.

Высокотемпературный пиролиз по сравнению с другими методами имеет ряд преимуществ: при нем происходит более интенсивное преобразование исходного продукта; скорость реакций возрастает с экспоненциальным увеличением температуры, в то время как тепловые потери возрастают линейно; увеличивается время теплового воздействия на отходы; происходит более полный выход летучих продуктов; сокращается количество остатка после окончания процесса.

В США разработан метод высокотемпературного пиролиза твердых бытовых отходов — Торракс. Метод характеризуется процессами распада и частичного окисления горючих компонентов, а также плавлением инертных материалов при температурах до 1650 °С. С по-

мощью этого метода можно обрабатывать, кроме бытовых, отходы мелких промышленных производств, близкие по составу к бытовым отходам, а также старые автопокрышки, обезвоженный осадок сточных вод, отходы медицинских учреждений и т.п.

ТБО и промышленные отходы могут быть загружены в установку непосредственно в том виде, в каком они были доставлены с мест сбора, без предварительной обработки, за исключением дробления громоздких предметов до кусков размером около 1 м.

Американская фирма Юнион Карбайд разработала высокотемпературный пиролизный реактор Пьюрокс (рис. 2). Основным продуктом процесса является горючий газ. Опытный образец реактора, высота которого около 3 м, мощность 5 т/сут, был испытан в г. Терри-Таун (штат Нью-Йорк).

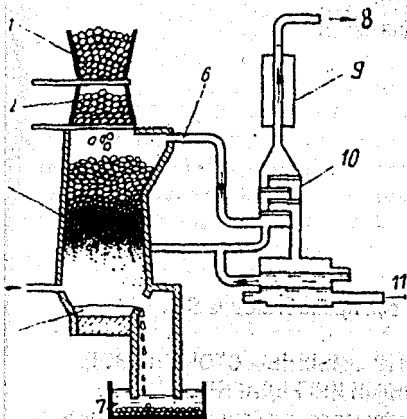


Рис. 2. Схема пиролизной установки Пьюрокс:

- 1 - загрузочная воронка; 2 - питатель;
- 3 - реактор; 4 - подача кислорода;
- 5 - расплавленный остаток; 6 - выход пиролизного газа; 7 - водяная ванна; 8 - выход избыточного газа; 9 - конденсатор;
- 10 - газоочистка;
- 11 - вода от очистки газов [3].

Основным элементом системы является вертикальная шахтная печь. ТБО подаются в верхнюю часть печи через питатели. В основание реактора подается кислород (0,2 т на 1 т отходов), где он реагирует с выпадающим продуктом процесса пиролиза. Создается зона достаточно высокой температуры, в которой происходит плавление или шлакование несгораемых материалов. Расплавленные негорючие включения (в основном металл и стекло) непрерывно стекают в водную ванну, образуя тяжелый гранулированный материал. Горючие газы, образующиеся в результате реакции кислорода с углеродом, поднимаются вверх, проходя через опускающиеся твердые отходы, обеспечивают тепло, необходимое для пиролиза. Дополнительного топлива для поддержания процесса пиролиза не требуется. В верхней части печи этот газ охлаждается в ходе сушки поступающих твердых отходов. Выходящий газ (температура при выходе из реактора около 120 °С) содержит значительное количество водяных паров, некоторое количество "масляного тумана" и следы вредных примесей. Эти примеси удаляются путем очистки газа в электрофильтре. Полученный в результате пиролиза газ, по данным фирмы, представляет собой чистое горючее топливо со средней теплотой сгорания 9000 кДж/м³. Этот газ имеет большое преимущество перед природным, так как не содержит соединений серы и оксидов азота, а температура горения при прочих равных условиях примерно одинакова. При сжигании газа потребность в воздухе составляет 80 % объема требуемого для сжигания природного газа. Таким образом, получаемый в процессе Пьюрокс газ может с успехом заменить природный.

Весьма сложной является проблема аккумуляции и хранения газа, полученного в процессе пиролиза, поэтому фирма считает, что потребитель должен находиться на расстоянии не более 1.5-3 км от установки. Фирма определила ориентировочные экономические показатели для полномасштабной установки. Капиталовложения на установку мощностью 1000 т/сут составляют 14 млн. долл. Эта система должна иметь три реактора мощностью 350 т/сут каждый, которые будут обслуживаться одной кислородной установкой. Эксплуатационные расходы (включая амортизацию) составят около 3 млн. долл. в год, прибыль от продажи газа — 1,6 млн. долл. Мощность установки при коэффициенте использования оборудования 0,85 определяется в 310 тыс. т в год [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. «Большая энциклопедия Кирилла и Мефодия» 2006.
2. <http://biotech.icmb.utexas.edu/>
3. http://www.abok.ru/for_spec/articles
4. <http://www.chemcenter.org/>
5. <http://www.chemnet.ru/rus/elbibch.html>
6. <http://www.chemsoc.org/>

УДК 628.316

Горбаченко Д.А., Шаматрин П.В.

Научный руководитель: доц. Урецкий Е.А., ст. препод. Мороз В.В.

«ПОПУТНАЯ» ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ПРОМЫВНЫХ СТОЧНЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ

Роль лакокрасочных товаров в повышении эстетических свойств многих непродовольственных товаров в улучшении санитарно-гигиенического состояния жилищ и их декоративного оформления велика.

Лакокрасочные материалы представляют собой многокомпонентные системы (жидкие составы), которые после нанесения их на поверхность тонким слоем и высыхания образуют пленки, прочно сцепленные с поверхностью.

Целью любых лакокрасочных работ является защита поверхности тонкой пленкой из вещества на основе органического или неорганического полимера.

Образование пленок (покрытий) обусловлено наличием в составе ЛКМ пленкообразующих веществ. Это алкидные, эпоксидные и другие смолы, карбомидо- и меламиноформальдегидные вещества и т.д.

Кроме пленкообразующих веществ, в состав ЛКМ в зависимости от технических требований к ним могут входить:

- пластификаторы;
- сиккативы (соединения металлов (свинец, марганец и т. п.) с органическими кислотами);
- отвердители;
- пигменты, др. добавки.

Однако разнообразные органические вещества окрасочных производств являются крайне опасными загрязнителями сточных вод промышленных предприятий. Эти вещества характеризуются сложным составом, высокой токсичностью, преимущественным содержанием растворенных, а не взвешенных веществ. Поэтому их выделение представляет задачу чрезвычайной сложности.

Полное удаление органических веществ известными технологиями либо невозможно, либо связано с очень большими затратами на оборудование, комплектующие, реагенты.

Следует добавить, что в основных технологических процессах используется широкий спектр веществ, которые превращаются в отходы, сходные по составу с реагентами, применяемыми при очистке органозагрязненных сточных вод. Учет перечисленных доводов при выборе технологии очистки стоков предполагает серьезные экономические выгоды и ряд практических преимуществ, связанных с резким сокращением потребности в остродефицитной и в настоящее время исключительно дорогостоящей аппаратуре.

Обследование систем водопотребления и водоотведения покрасочного производства выявило следующие источники сброса сточных вод:

- линия подготовки поверхности перед покраской;
- гидрофильтры покрасочных камер.

В линии подготовки производится обезжиривание и фосфатирование поверхностей изделий перед покраской. Соответственно после каждой из операций производится отмычка. Обезвреживание промывных вод и отработанных технологических растворов часто не предусмотрено. Стоки без очистки сбрасываются в городскую канализацию.

Окраска изделий в основном осуществляется методом пневматического распыления. При окраске изделий методом пневматического распыления, в зависимости от группы сложности деталей, используется лишь от 45 до 75% краски. При контакте краски с водой происходит частичное растворение химикатов, входящих в ее состав. В воде, сбрасываемой из гидрофильтров, могут содержаться все приведенные выше химикаты, в т.ч. тяжелые металлы.

В покрасочных камерах, с целью предотвращения выброса токсичных веществ, содержащихся в краске, используются гидрофильтры - мокрый способ очистки воздуха. Воздух проходит через двойную завесу воды. Происходит освобождение его от лакокрасочных материалов и влаги. Очищенный воздух выводится в атмосферу.

Загрязненная вода поступает в ванну, расположенную в нижней части гидрофильтра. После достижения в воде требуемых концентраций загрязнителей она должна сливаться, донные отложения краски удаляться, а затем заливаться свежая вода.

В случае нарушения сроков сменности воды в гидрофильтрах они прекращают выполнять свою функцию - предотвращение выброса крайне токсичных химикатов в атмосферу (ксилол, бензол, толуол и др.).

На базовом предприятии, на котором проводились исследования, очистка стоков от гидрофильтров не предусмотрена. Сточные воды сбрасываются непосредственно в городскую канализацию.

Характеристики стока представлена в таблице 1.

Таблица 1 Характеристики исследуемого стока

Показатели	Результат анализа
Температура, °С	16+22
Цвет	от жёлтого до светло-коричневого
Запах	специфичный
pH	6,30+8,45
Цветность, градус	380+2200
Прозрачность, см	3,5
Электропроводность	420+1440
ХПК, мг/л O ₂	250+2600
Фенол, мг/л	10,0+35,0
Ксилол, мг/л	25,0+40,0
Формальдегид, мг/л	40,0+110,0
Ацетон, мг/л	20,0+45,0

Исследованиями проверена возможность очистки предварительно смешанных стоков отработанным травильным раствором и схема очистки с предварительно обработанным стоком участка покраски.

В состав отработанного травильного раствора (ванна активации) входят соляная кислота и различные соединения железа, а также ионы тяжелых металлов.

В лабораторных условиях опробована схема очистки общего стока гальванического производства с предварительно обработанным стоком покрасочного производства.

Дозы коагулянта принимались в % от объема обрабатываемой жидкости. При проведении эксперимента использовался отработанный травильный раствор 10%-ной концентрации. Применяемые дозы коагулянта лежали в пределах от 0,4 до 8,4%.

Введение в сток, содержащий лакокрасочные материалы, отработанного травильного раствора привело к ощутимому сжиганию цветности и сухого остатка, повысилась прозрачность стока. (Рисунок 1 и 2)

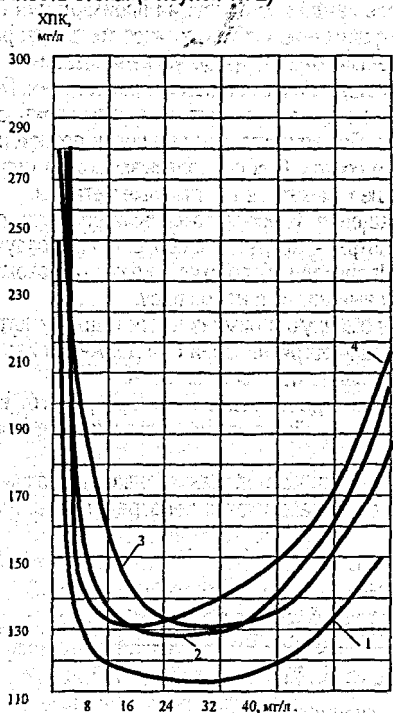


Рис. 1 Зависимость изменения цветности от дозы коагулянта при его концентрации 1 - 1%, 2 - 2%, 3 - 3%.

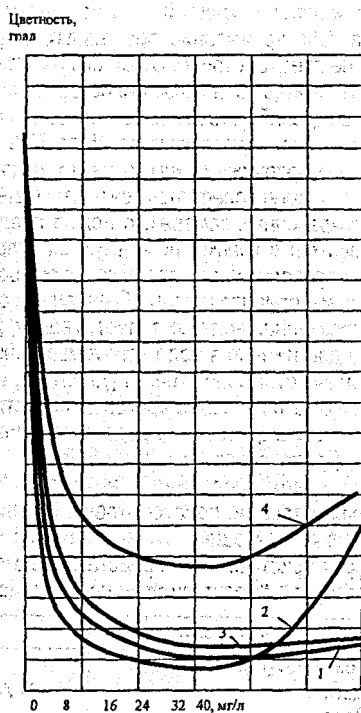


Рис. 2 Зависимость изменения ХПК стоков от дозы коагулянта при его концентрации 1 - 1%, 2 - 2%, 3 - 3%, 4 - 5%.

В ходе эксперимента определены оптимальная доза отработанного травильного раствора и время его контакта со стоками участка покраски.

При обработке хромосодержащими стоками целью исследований стала проверка возможности деструкции части органических веществ сильными окислителями (бихроматами), присутствующими в промывном хромосодержащем стоке при одновременном катализирующем воздействии ионов хрома.

В процессе исследований пробу краскосодержащего стока смешивали с необезвреженным стоком. Смесь стоков тщательно перемешивали. Перемешивание осуществлялось путем барботажом сжатым воздухом. Окисляющую способность хромсодержащего стока и кислорода воздуха определяли по содержанию фенола, ХПК в исходном краскосодержащем стоке и смеси краскосодержащего стока с хромстоком.

Таблица 2.

№№ п/п	Показатели	Исходный краскосодержащий сток	Смесь краскосодержащего стока с промывным промстоком	Примечание
1	2	3	4	5
1	pH	7,3	3,4	Содержание хрома (VI) в хромстоке 15 мг/л
2	ХПК, мг O ₂ /л	1100	440	
3	Фенол, мг/л	157,5	30,5	
4	Ацетон, мг/л	38	15,5	

После анализа полученных в результате исследований материалов была проведена серия сквозных экспериментов очистки краскосодержащего стока с полным анализом исходной и осветленной воды.

Проведенные исследования подтверждают возможность "попутной" обработки краскосодержащих сточных вод завода в рамках очистных сооружений обезвреживания стоков гальванического производства при условии внедрения и соблюдении технологии очистки гальванических стоков. "Попутная" технология не требует новых технологических линий, технологического оборудования, химикатов и реализуется на реконструируемых очистных сооружениях гальванического производства.

Под понятием "попутная" технология понимается обработка сточных вод этого производства в рамках ранее разработанной технологии очистки стоков гальванического производства, на тех же аппаратах и теми же реагентами.

УДК 628.316

Горбаченко Д.А., Шаматрин П.В.

Научный руководитель: доц. Урецкий Е.А., ст. препод. Мороз В.В.

СПОСОБ СОВМЕСТНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, СО СТОКАМИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА, СОДЕРЖАЩИМИ ХРОМАТЫ

Данный способ касается очистки сточных вод производств защитных покрытий и печатных плат, имеющих в своем составе участки хромирования, пассивации и др., являющиеся источниками стоков, содержащих хроматы. И может быть использовано при очистке сточных вод лакокрасочных производств, в состав в которых входят эмали, грунты, органические растворители и прочее.

Как правило, предприятия машиностроения помимо гальванических производств имеют и окрасочное производство. Однако до настоящего времени отсутствуют простые и надежные методы очистки сточных вод, содержащих лакокрасочные загрязнения. Известные методы очистки такого вида сточных вод (ультрафильтрация, сжигание, ионный

обмен и др.), энергоемки, для их реализации требуется использование дорогостоящего оборудования, дефицитных материалов и значительных производственных площадей.

Недостатком существующих методов очистки производственных сточных вод является большое количество необходимых реагентов и довольно сложное оборудование.

Задачей способа является повышение степени очистки сточных вод, содержащих лакокрасочные загрязнения, с использованием для этого промывных сточных вод гальванического производства, содержащих хроматы и отработанных технологических растворов, в рамках традиционной обработки стоков гальванического производства реагентным способом.

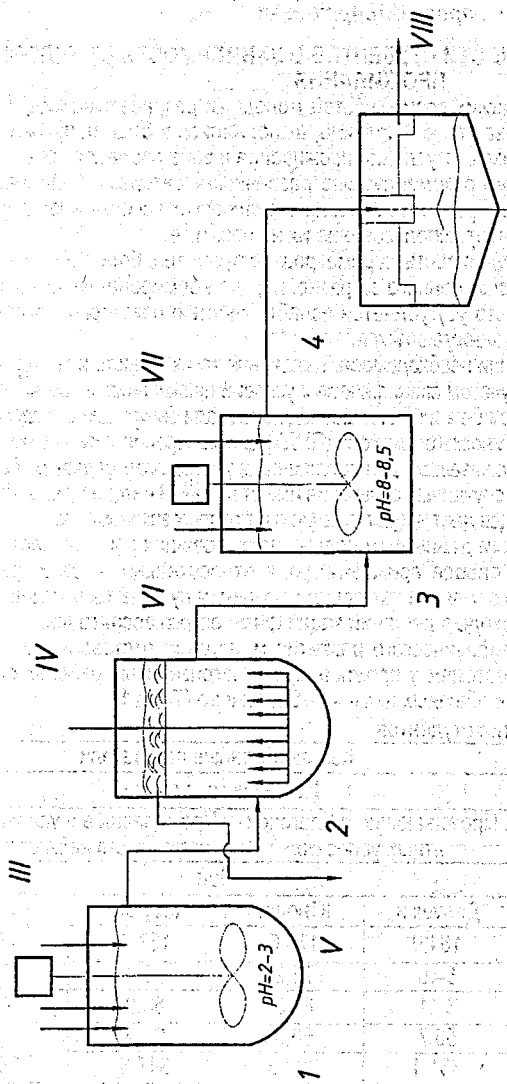
Поставленная задача достигается тем, что сточные воды, содержащие лакокрасочные загрязнения обрабатываются совместно с хромсодержащими стоками, что позволяет осуществить деструкцию части органических соединений бихроматами при низкой величине $\text{pH}=2-3$. Дальнейшая «продувка» смеси воздухом предусматривает окисление легкоокисляемых органических соединений кислородом воздуха, выделение пенного продукта с последующим использованием сорбционной способности оксигидратных коллекторов, образующихся в процессах нейтрализации всех видов стоков и осаждения в осветлителе.

На чертеже представлена технологическая схема, внедренного в производственный процесс способа очистки сточных вод, содержащих лакокрасочные загрязнения, где обозначено: 1 – реактор обработки хромсодержащих сточных вод; 2 – емкость для продувки стоков сжатым воздухом; 3 – реактор – нейтрализатор всех видов стоков; 4 – осветлитель.

Сточная жидкость, содержащая лакокрасочные загрязнения (I), перемешивается механической мешалкой совместно с хромсодержащими сточными водами (II) в реакторе обработки хромсодержащих сточных вод 1. Поддержание $\text{pH}=2-3$ осуществляется кислотными отработанными (VII) технологическими растворами (ОТР) травления черных металлов, содержащих железо. При этом происходит деструкция органических загрязнений бихроматами. Затем обработанный сток направляется в емкость 2, где осуществляется продувка смеси сжатым воздухом (V). При этом происходит окисление легкоокисляемых органических примесей и выделение из воды пенного продукта (VI), удаляемого на обезвоживании.

Далее обработанная смесь направляется на совместную нейтрализацию с другими видами стоков (III) в реактор – нейтрализатор всех видов стоков 3, в котором с помощью нейтрализующих растворов (IV) поддерживается $\text{pH}=8,0-8,5$. При этом происходит сорбция органических загрязнений на образующемся оксигидратном коллекторе. Дальнейшее снижение концентрации лакокрасочных соединений происходит в осветлителе 4, за счет эффекта соосаждения взвесей.

Эффективность предлагаемого метода обработки стоков лакокрасочного производства достигается реализацией метода в рамках традиционных очистных сооружений стоков гальванического производства. Эта «попутная» технология позволяет использовать технологические свойства промывных хромсодержащих стоков и ОТР гальванического производства. При этом отпадает необходимость в дополнительных энерго- и материалоёмких технологических линиях, требующих значительных производственных площадей для их размещения, приобретения новых дорогостоящих реагентов.



Способ "полуптной" обработки краскосодержащих сточных вод.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПРОЖИВАНИЯ

Проблема изучения физических возможностей молодежи разрабатывалась многими авторами. Но все эти исследования, как правило, выполнялись в благополучных экологических условиях, отличающихся от условий проживания в зоне последствий аварии на Чернобыльской АЭС. К тому же рекомендуемые различными авторами рациональные, по их мнению, предложения для развития основных физических качеств иногда отличаются друг от друга, что затрудняет использование их на практике.

Неоднозначность и противоречивость параметров нагрузок тем более не приемлема в условиях работы в зонах радиационного загрязнения, где нормирование их на занятиях по физической культуре часто усугубляется ослабленностью некоторых показателей физической подготовленности занимающихся.

Эти обстоятельства определили необходимость выявления таких средств и методов физического воспитания, которые, с учетом специфических условий проживания, в том числе – повышенного уровня радиации, в наибольшей степени содействовали бы улучшению здоровья.

Пункты постоянного дозиметрического контроля (ПГДК) для измерения уровня физического развития и подготовленности проживавших до поступления в университет студентов были выбраны нами случайно. Однако и случайные сравнения имеют научный интерес: дело в том, что набор случайностей в конце концов дает представление о некоторых закономерностях.

По полученным литературным данным, молодежь пострадавших районов часто (но не всегда) физически несколько слабее проживающих в относительно "чистых" регионах Республики Беларусь, в связи с чем эта категория населения нуждается в индивидуальном, пусть пока в типовом, подходе в решении задач физического воспитания.

К счастью, это не касается физических развития молодежи; отставания по некоторым соматометрическим показателям у проживавших в загрязнённых районах по сравнению с постоянно живущими в обычных нами не обнаружено (Табл.1).

Таблица 1. Физическое развитие студентов

Исследуемые параметры	Количественные показатели			
	Исследуемые группы			
	Проживающие в благоприятных условиях		Проживавшие в условиях экологического неблагополучия	
	Пол			
	Девушки	Юноши	Девушки	Юноши
Рост, стоя, см	164,9	178,6	167,0	176,0
Масса тела, кг	54,6	71,2	58,0	64,0
Окружность груди в паузе, см	81,1	89,3	88,0	91,0
Вес по Бонгарду, кг	55,7	66,5	61,2	66,7
Инд. Кетле, г/см	331,1	398,5	347,3	363,6
Инд. Эрисмана, усл. ед.	-1,4	-0,06	4,5	3,0
Показ. Пинье, усл. ед.	30,5	19,7	23,0	21,0
Инд. массы тела (ВМ1), кг/м ²	20,1	22,3	20,8	21,0
ЧСС в покое, уд. в мин.	70,6	81,7	80,2	72,0

Сравнительная характеристика уровней физического развития по данным: рост, вес, окружность грудной клетки и ЧСС в покое, показатель "идеального" веса по Бонгарду, индексы Кетле, Эрисмана, Пинье и BM1- позволяет утверждать, что не только по перечисленным соматометрическим, но и по гиподинамическим показателям расхождений между молодежью, проживающей в различных условиях, не обнаружено.

Тем не менее, физическое воспитание, реализуя внешнюю дифференциацию организации учебно-воспитательного процесса, должно определить хотя бы два типа обучения:

- по уровню физического развития и физической подготовленности в местах проживания в относительно чистых районах;

- с учетом "радиационного районирования" территории республики, учитывая радиационный фон и экологическую обстановку.

Едва ли не ведущими в рекомендациях должны быть средства физической культуры, целью использования которых является укрепление и повышение физического развития и подготовленности, развития основных физических способностей. По нашим данным, таковыми являются следующие упражнения: экономичная ходьба, бег, подвижные и спортивные игры, направленные на развитие силовой и общей выносливости, все те движения, которые являются интегральными показателями общего состояния здоровья.

Оценка физической подготовленности студентов, как цель педагогического контроля и самоконтроля в процессе занятий физическими упражнениями, показала следующее (Табл.2).

Таблица 2. Статистическая значимость различий

		Значимость различий											
Пол	Зона сравнения: Благоп. ППДК	Содержание теста											
		Челночный бег 4x9			Из положения, сидя на полу, наклон туловища вперед			Подтягивание на перекладине			Поднимание и опускание туловища положения, лежа на спине		
		Значения t и p											
		табл.	Вычисл.	P	табл.	Вычисл.	P	Табл.	Вычисл.	P	табл.	Вычисл.	P
М	Благоп	4.31	1.02	p<0.05	4.31	18.27	p>0.05	4.31	3.27	p<0.05	-	-	-
	ППДК	4.31	0.91	p<0.05	4.31	13.31	p>0.05	4.31	2.30	p<0.05	-	-	-
Ж	Благоп	2.78	0.39	p<0.05	2.78	3.54	p>0.05	-	-	-	2.78	18.82	p>0.05
	ППДК	2.78	0.52	p<0.05	2.78	2.85	p>0.05	-	-	-	2.78	7.59	p>0.05

По силовой динамической выносливости рук у юношей можно сказать то, что она достоверно не различается, не зависит от места проживания: во всех случаях $p < 0.05$. Силовые способности, следовательно, существенно не различаются.

Факт обнаружения достоверных различий по общей выносливости, вообще-то говоря, ожидаемый, но то, что абсолютные показатели выносливости выше у девушек ($p > 0.05$), проживающих в зонах повышенного дозиметрического контроля, по сравнению с проживающими в "чистых" районах – неожиданно, но действительно имеет место.

У молодежи, проживавшей до поступления в университет в пунктах постоянного дозиметрического контроля, результаты в гибкости и силе хуже, чем у проживающих в относительно чистых местностях.

Для выполнения Государственной программы по формированию здорового образа жизни населения Республики Беларусь, одобренной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 26.10.2001г. № 1533, важно реализовать, по нашему убеждению, следующие мероприятия:

- Создание соответствующей (современной, совершенной) экономической базы развития физкультурно-оздоровительного движения в университетах как объективной основы внедрения здорового образа жизни в быт студентов.

- Физическую и двигательную активность студентов, как одну из позиций, отражающих благоприятное воздействие, влияние на здоровье в процесс обязательных учебных занятий по физической культуре и разнообразных физкультурно-спортивных мероприятий.

- Формирование у студентов убежденности в том, что занятия спортом не мода, а норма, признак общей культуры, грамотности, стабильности мотиваций и потребностей в двигательной активности, необходимое условие здорового образа жизни.

- Решение проблемы повышения аэробных возможностей и, следовательно, расширения резервов организма и повышения его устойчивости к действию неблагоприятных факторов для студентов, проживавших ранее (до поступления в университет) в зонах последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

- Организация учебных занятий по физическому воспитанию по особой, специально разработанной, программе для студентов, проживавших до поступления в ВУЗ в зонах радиационного загрязнения.

УДК 796

Криволевич Н.Ф.

Научный руководитель: к.п.н., проф. Артемьев В.П.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНОСОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ, УРОВЕНЬ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ ОСНОВНОГО УЧЕБНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Для определения состояния сердечно-сосудистой системы были использованы методы регистрации изменений частоты пульса в состоянии покоя и в восстановительном периоде после функциональных проб [6].

Определение ЧСС – один из наиболее простых, но достаточно информативных показателей функционального состояния кровообращения.

Однако следует помнить, что при большой информативности ЧСС, она не всегда отражает степень воздействия упражнений на организм.

И еще: как показали специальные исследования [3], после прекращения даже очень интенсивных соревновательных нагрузок ЧСС держится на «рабочем» уровне не более 5-10 с (далее – наступает заметное замедление).

В идеале сердце в покое должно сокращаться с частотой, которая в возрасте 18-20 лет не выходит за пределы оптимального диапазона [7]:

- у нетренированных (мальчиков) – 68 уд/мин;
- у тренированных в скоростно-силовых видах спорта – 64 уд/мин;
- у занимающихся видами спорта на выносливость – 58,7 уд/мин.

После физической нагрузки возникает особое состояние, обозначаемое как «конструктивный» период, или период повышенной работоспособности [4].

Возникающая после начальной нагрузки (так называемой «разминки») величина ЧСС служит той отправной величиной, после которой должна проводиться активная учебно-тренировочная работа, связанная с воспитанием двигательных качеств.

Это – так называемый «исходный рабочий пульс» (в отличие от «пульса в покое»), оптимальное увеличение которого должно составлять 70-80% по отношению к исходному и составлять у не занимающихся спортом студентов 116-123 уд/мин.

И, наконец, критическая величина: 140-153 уд/мин – может быть использована в качестве показателя верхнего предела физической нагрузки в оздоровительной физкультуре [2].

Полученная на основе одномоментной пробы ЧСС в покое общая тренированность: у девушек (81 уд/мин) – тахикардия, которая является проявлением сердечной слабости; у юношей (76 уд/мин) – в пределах нормы.

Функциональная проба с приседаниями и подскоками [1, 5].

Реакция на физическую нагрузку позволяет определить, правильно ли организм адаптируется к ней, насколько выражено у данного человека напряжение адаптационных механизмов, подготовлен ли он функционально к восприятию тех или иных физических нагрузок.

Оценка реакции организма на данные функциональные пробы (20 приседаний за 30-40 с или 60 небольших подскоков в течение 30 с):

$$\frac{\text{ЧСС, полученная после серии упражнений } 100\%}{\text{ЧСС в покое (до нагрузки)}} = 100\%$$

осуществлялась следующим образом:

- увеличение ЧСС (по сравнению с покоем) на 25% - отлично (5);
- // - на 26 – 50% - хорошо (4);
- // - на 51 – 75 % - удовлетворительно (3);
- // - на 76% и более – плохо (2).

Тренированность на основе пробы с приседаниями:

- реакция организма на данную пробу у девушек и юношей (соответственно 67,9% и 79,3%) – плохая.

На это же указывает полученный коэффициент восстановления: у девушек - 59,6% и 55,8% - у юношей, в то время как этот показатель должен составлять соответственно лишь 50% и 45%.

Проба с подскоками (методика проведения - аналогична предыдущей):

- реакция организма у девушек (68,9%) – плохая; у юношей (80,4%) – очень плохая.

Об этом же свидетельствует и коэффициент восстановления.

Проба Рюфье-Диксона. Контроль за индивидуальным уровнем физической работоспособности удобен с помощью этой пробы Рюфье-Диксона и осуществляемой следующим образом.

Лечь на спину, побыть в таком положении 5 мин. Измерить ЧСС за 15 с (P₁). Затем в течение 45 с сделать 30 приседаний, вновь лечь на спину и определить ЧСС за первые 15 с (P₂) и вторые 15 с (P₃).

Работоспособность определяется:

$$\frac{(P_2 - 70) + (P_3 - P_1)}{10}$$

- Оценка: - отличная работоспособность: от 0 до 2,9;
- хорошая работоспособность: от 3,0 до 5,9;
- удовлетворительная работоспособность: от 6,0 до 7,9;
- плохая работоспособность: от 8,9 и выше.

Частота контроля - не реже одного раза в месяц.

Полученные результаты: работоспособность девушек (11,4) и юношей (11,5) - в обоих случаях - плохая.

Метод индексов для приблизительной, ориентировочной оценки антропометрических данных.

Индекс весо-ростовой Кетле (определяет, сколько граммов веса должно приходиться на каждый сантиметр роста):

- имеющийся вес девушек на грани недостаточного и нормального (индекс - 323), тип сложения - нормостенический; юноши - нормального веса (индекс - 366), тип сложения - нормостенический.

Индекс массы тела BMI (для определения лишней массы тела): как девушки, так и юноши находятся в нормальной форме (индексы соответственно: 19,59 и 20,20).

Индекс гармоничности телосложения (характеризуется отношением величины окружности грудной клетки по отношению к росту): показатели развития грудной клетки у девушек (52,29) нормальные, у юношей (50,18) недостаточные - нормальные.

Показатель крепости телосложения Пинье (выражает разницу между ростом и суммой массы тела и окружности грудной клетки на выдохе): как у девушек, так и у юношей телосложение слабое-среднее (индексы: 27,00 и 26,33).

Индекс пропорциональности развития грудной клетки Эрисмана (представляет собой разность между окружностью груди на паузе и половиной роста): полученная величина у девушек (3,77) указывает на их хорошее физическое развитие, у юношей (0,32) - узкогрудие.

Двигательная подготовленность определялась на основании двух методик: динамометрии силы кисти и теста на быстроту.

Очень удобной для регистрации силы кистевых мышечных групп при произвольном максимальном сокращении является динамометрия. К тому же, динамометрический показатель силы в значительной мере отражает степень общей физической подготовленности.

Полученные данные у девушек (28 кг правой руки и 24 кг - левой) и юношей (51 кг правой и 41 кг - левой руки) - вполне удовлетворительные. Если, далее, сравнить полученные результаты у юношей с литературными средними значениями силы мышц кисти сильнейшей руки у здоровых студентов (В.А.Соколов, Н.Я.Петров, 1988): 45-52 кг - полученное утверждение звучит ещё более убедительно.

Известно соотношение между мышечной силой и массой тела у девушек 48%-50% и 65% 48%52% у юношей.

Полученные нами данные: 52% у девушек и 77% у юношей - вполне соответствуют установившимся взглядам.

Разница между силой правой и левой кисти: чем она больше, тем в меньшей степени проявляется тренированность (правда, возможно переутомление).

Полученные данные: 4 кг у девушек и 10 кг у юношей - характеризуют большую подготовленность в группе юношей.

Определение качества быстроты проходило следующим образом.

Стоя, в удобной позе, взять в согнутую под прямым углом руку линейку вертикально, так, чтобы её нулевая отметка была на одном уровне с мизинцем. Разжать ладонь и как можно быстрее сжать линейку пальцами рук. Определялось расстояние от нижнего края линейки до нижнего края ладони. Чем меньше расстояние, тем лучше.

Полученные данные: 6,8 см у девушек и 4,6 см у юношей – свидетельствуют о лучшем проявлении быстроты у юношей.

Оценка восстановительного периода на основании пробы Рюфье-Диксона свидетельствует об удовлетворительной реакции с восстановительным периодом в течение 3-5 минут.

Процент увеличения и уменьшения пульса – несколько хуже нормы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амосов Н.М. Раздумья о здоровье: 3-е изд., дополн. и перераб. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – С.28-36.

2. Артемьев В.П., Беспутчик В.Г., Фатин С.Б. Оптимизация внутренней стороны физической нагрузки в процессе воспитания двигательных навыков на занятиях по физическому воспитанию// Человек, здоровье, физическая культура на пороге XXI столетия/ Научн. комитет: А.А. Зданевич, В.П. Артемьев и др. – Брест: Университет, 1999. – С. 33-35.

3. Васильева В.В., Грачева Р.П., Ельцина Л.Б., Козлов И.М., Коссовская Э.Б. Пульс при занятиях физическими упражнениями// Теория и практика физической культуры. – 1961. - №3. – С.27.

4. Волков В.М., Ромашов А.В., Перепекин В.А. Особенности срочного и отставленного тренировочного эффекта в условиях использования средств потенцирования// Комплексная диагностика и оценка функциональных возможностей организма и механизмы адаптации к напряженной мышечной деятельности высококвалифицированных спортсменов: Тез. Всесоюзн. науч. конф. – М., 1990.- С. 84-85.

5. Гармония здоровья (режим труда и отдыха)/ Сост. С.Ю. Юровский- М.: Физкультура и спорт, 1987.- С. 42.

6. Тесленко Ж.А. Исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы// Практические занятия по врачебному контролю: Пособие для ин-тов физ. культ./ Под общей ред. А.Г. Дембо. – М.: Физкультура и спорт, 1970. –С. 47.

7. Хрущев С.В. Влияние систематических занятий спортом на сердечно-сосудистую систему юных спортсменов/ Под ред. С.Б. Тихвинского и С.В. Хрущева. Детская спортивная медицина. – М.: Медицина, 1991. – С.134.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Мигель А.В.
Научный руководитель: проф. Мухин А.В.
АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА ПОКРЫТИЕ
ЛЕТНЕГО АМФИТЕАТРА В Г. ВИТЕБСКЕ 4
2. Мигель А.В.
Научный руководитель: проф. Мухин А.В.
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА
ПОКРЫТИЕ ЛЕТНЕГО АМФИТЕАТРА В Г. ВИТЕБСКЕ 6
3. Тур А.В.
Научный руководитель: доц. Игнатюк В.И.
РАСЧЕТ ДВУХШАРНИРНЫХ АРОК КРУГОВОГО ОЧЕРТАНИЯ НА ДЕЙСТВИЕ
РАДИАЛЬНО НАПРАВЛЕННЫХ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ НАГРУЗОК 10
4. Борсук И.П., Румачик Ю.В.
Научный руководитель: д.т.н., профессор Северянин В.С.
РАЗРАБОТКА ГЕЛИОСТАНЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ 15
5. Матвееня А.С., Янчилин П.Ф.
Научные руководители: д.т.н., проф. Северянин В.С., ст. препод., к.т.н. Тимошук АЛ.
НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО КОНТАКТНОМУ НАГРЕВУ ВОДЫ 22
6. Вдовиченко И.Г.
Научный руководитель: ст. препод. Акулич Т.И.
ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ ДРЕВНЕГО РИМА 26
7. Шукюров Р.А.
Научный руководитель: Якимук В.П.
РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА
ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ И МАТЕРИАЛОВ НА ЕЕ ОСНОВЕ 31
8. Левчук А.А.
Научные руководители: доцент Пчелин В.Н., ст. препод. Шалобьита Н.Н.
РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ СТРУКТУРНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ
КОНСТРУКЦИЙ С УЗЛОВЫМ ЭЛЕМЕНТОМ В ВИДЕ ПОЛОГО ШАРА И
КРЕПЕЖНЫМИ БОЛТАМИ С СИЛОВОЙ И СТОПОРНЫМИ ГАЙКАМИ 33
9. Левчук А.А.
Научные руководители: доцент Пчелин В.Н., ст. препод. Шалобьита Н.Н.
РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КАРКАСА
ИЗ ПОЛЫХ СТЕРЖНЕЙ С СИЛОВОЙ ГАЙКОЙ В ВИДЕ ПОЛЫХ ВТУЛОК 37
10. Шумович Д. Ю.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Лукша В.В.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ И КОЛИЧЕСТВА ЛЕТНЫХ
ПОЛОС АЭРОДРОМА В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ 40
11. Шумович Д. Ю.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Лукша В.В.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИН ЛЕТНЫХ ПОЛОС АЭРОДРОМА В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ 46

12. Фолитар Р.Г.
Научный руководитель: доц. Зеленский А.М.
 ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ИСПЫТАНИИ
 МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА «ВИКТОРИЯ» В Г. БРЕСТЕ 51
13. Громько О.В.
Научный руководитель: доцент Громик Н.В.
 ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЯМОСНЫХ КОНИЧЕСКИХ
 ДИФУЗОРОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК 56
14. Дёмин В.В., Восинский И.О.
Научные руководители: асс. Дёмина Г.П., проф., к.т.н. Шведовский П.В.
 ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИЙ ФУНДАМЕНТОВ СВАЙНОГО ТИПА 60
15. Дёмин В.В., Восинский И.О.
Научные руководители: асс. Дёмина Г.П., проф., к.т.н. Шведовский П.В.
 ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ И ВЫБОРА
 ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИИ 64
16. Лялюк Т.В.
Научный руководитель: асс. Клочко Г.Г.
 ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СМК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БРЕСТСКОГО РЕГИОНА 68
17. Павленко С.Н.
Научный руководитель: д.т.н., проф. Северянин В.С.
 ПАРОГАЗОГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ КАМЕРЫ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ 71
18. Сокол В.А., Горбунова О.В.(БГМУ)
Научный руководитель: ст. преподаватель Мартиновская О.В.
 ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОТВЕРДОСТИ ДЕНТИНА 74
19. Бычук Т.Н.
Научный руководитель: доц. Дереченник С.С.
 МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ КАК ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ МЕТОДА ЧАСТИЦ 78
20. Дмитриева А.В.
Научный руководитель: доц. Дереченник С.С.
 КРИТЕРИИ СОГЛАСИЯ ПИРСОНА И МЕТОДЫ ГРУППИРОВАНИЯ ДАННЫХ 82
21. Крапивин Ю.Б.
Научный руководитель: д.т.н. проф. Головкин В.А.
 НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ
 В СЕТИ INTERNET 85
22. Калюхович Д.О.
Научный руководитель: проф., доктор техн. наук Головкин В.А.
 УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ РОБОТА В ЗАДАЧЕ СЛЕДОВАНИЯ ЗА ЛИНИЕЙ 89
23. Дмитриева А.В.
Научный руководитель: доц. Дереченник С.С.
 ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГРУППИРОВАНИЯ ДАННЫХ ПРИ
 ПРОВЕРКЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ 93

24. Калиновский Р.В.
Научный руководитель: к.т.н. Костюк Д.А.
 ПАРАВИРТУАЛИЗАЦИЯ ДЛЯ СМАРТФОНОВ С ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ SYMBIAN 96
25. Калиновский Р.В.
Научный руководитель: к.т.н. Костюк Д.А.
 ТЕХНОЛОГИЯ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СМАРТФОНОВ 99
26. Русак Д. Л.
Научный руководитель: к.т.н. Костюк Д.А.
 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ УСТРОЙСТВА МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С НАРУШЕНИЯ ВОСПРИЯТИЯ АЛФАВИТНОЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ 103
27. Русак Д. Л.
Научный руководитель: к.т.н. Костюк Д.А.
 ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС УСТРОЙСТВА МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ, СТРАДАЮЩИХ ДИСЛЕКСИЧЕСКИМИ НАРУШЕНИЯМИ 105
28. Бычук Т.Н.
Научный руководитель: доц. Дереченник С.С.
 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОУПАКОВАННЫХ АМОРФНЫХ СТРУКТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ 109
29. Марчик Д.В.
Научный руководитель: к.т.н. Костюк Д.А.
 АВТОНОМНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ УСТАНОВКИ АКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ 113
30. Марчик Д.В.
Научный руководитель: асс. Козак А.Ф.
 ПОРТАТИВНАЯ АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА АКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ 115
31. Макул В.В.
Научный руководитель: к.т.н., доц. Прокопеня О.Н.
 ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ 118
32. Ковальчук П.Н.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Медведев О.А.
 ПРОЕКТНЫЕ РАСЧЕТЫ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ МЕТОДОМ ПОЛНОЙ ВЗАИМОЗАМЕЯМОСТИ 122
33. Лапин В.В.
Научный руководитель: к.т.н., доц. Горбунов В.П.
 МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ПОДАЧ ТОКАРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 16A20Ф3 127
34. Куликовский Д.Г.
Научный руководитель: к. т. н., доцент Монтик С.В.
 МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕССОРА MS EXCEL 131
35. Григорик Р.Н., Веремчиков К.В.
Научные руководители: Батрак В.В., Даркович Г.С, д.т.н., проф. Сазонов М.И.
 ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЧУГУННЫХ ШТАМПОВ 133

36. Головченко Ю.А.
Научный руководитель: к. т. н., доц. Монтик С.В.
 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ И СТОХАСТИЧЕСКОЙ
 МЕТОДИК РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ
 АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 135
37. Гоманова Е.В.
Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. Хуснутдинова В.Я.
 ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС 138
38. Коляда О. Н.
Научный руководитель: проф., д. г. н. РФ ВОЛЧЕК А. А.
 ВЛИЯНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ВНУТРИГОДОВОЕ
 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА МАЛЫХ РЕК БЕЛАРУСИ 140
39. Кузьмич Т. П.
Научный руководитель: проф., д.т.н. РФ Волчек А. А.
 АНАЛИЗ МЕТОДИК ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ
 СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ
 К УСЛОВИЯМ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ 142
40. Царюк С.С.
Научный руководитель: АСС. Волчек Ан.А.
 АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД Р. МУХАВЕЦ 149
41. Вдовиченко И.Г.
Научный руководитель: асс. Левчук Н.В.
 СЖИГАНИЕ И ПИРОЛИЗ КАК МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ 154
42. Горбаченко Д.А, Шаматрин П.В.
Научный руководитель: доц. Урецкий Е.А., ст. препод. Мороз В.В.
 «ПОПУТНАЯ» ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ПРОМЫВНЫХ СТОЧНЫХ ВОД,
 ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ 158
43. Горбаченко Д.А, Шаматрин П.В.
Научный руководитель: доц. Урецкий Е.А., ст. препод. Мороз В.В.
 СПОСОБ СОВМЕСТНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ
 ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, СО СТОКАМИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО
 ПРОИЗВОДСТВА, СОДЕРЖАЩИМИ ХРОМАТЫ 161
44. Криволевич Н.Ф.
Научный руководитель: к.п.н., проф. В.П.Артемьев
 ФИЗИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
 УСЛОВИЙ ПРОЖИВАНИЯ 164
45. Криволевич Н.Ф.
Научный руководитель: к.п.н., проф. Артемьев В.П.
 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНОСОСУДИСТОЙ
 СИСТЕМЫ, УРОВЕНЬ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ
 ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ ОСНОВНОГО УЧЕБНОГО ОТДЕЛЕНИЯ 166

Научное издание

СБОРНИК КОНКУРСНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

Часть 1

Ответственный за выпуск *Шведовский П.В.*

Редактор *Строкач Т.В.*

Компьютерная верстка *Боровикова Е.А.*

Корректор *Никитчик Е.В.*

Лицензия № 02330/0133017 от 30.04.2004 г.

Подписано в печать 29.05.2007 г.

Формат 60x80 1/16. Бумага «Снегурочка». Гарнитура Arial Narrow.

Усл. печ. л. 9,9. Уч.-изд. л. 10,6. Зак. № 559. 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.

ISBN 978-985-493-062-6



9 789854 930626