

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ

УДК 624.154; 624.131.37

Д. Э. АБРАМЕНКОВ, Э. А. АБРАМЕНКОВ, доктора техн. наук, профессора,
А. В. ГРУЗИН, канд. техн. наук (Новосибирский государственный архи-
тектурно-строительный университет (Сибстрин))

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УДАРНОГО УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ СРЕД С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ

Рассматриваются вопросы технологии уплотнения на основе аналитических моделей грунтовых сред. Современные исследования и новейшие данные в области строительного производства позволяют обеспечить не только надежность возводимых фундаментов, но и их экономичность.

В технологиях фундаментостроения постоянно ведется поиск совершенствования методов подготовки оснований, измерения силовых и режимных параметров их нагружения, а также обеспечения требуемого качества производства работ при возведении инженерных сооружений и конструкций в грунтовой среде. Опыт строительства зданий и сооружений промышленного, гражданского и жилищного назначения последних трех десятилетий показал, что применение уплотненных оснований в отдельных грунтовых условиях позволяет достичь значительной экономии строительных материалов и снижения затрат труда. По-прежнему актуальными остаются вопросы создания программных комплексов расчета и проектирования технологий уплотнения различных сред под основаниями и фундаментами промышленного, гражданского и жилищного назначения и средств механизации для их обустройства [1].

Увеличение темпов капитального строительства требует быстрого развития и совершенствования методов ведения различных видов работ. Ударное уплотнение грунтов машинами — основной и наиболее сложный процесс в общем комплексе производства земляных работ, годовой объем которых в России постоянно и интенсивно растет. Это обусловлено, прежде всего, отличительной особенностью технологий устройства оснований ударным воздействием штампов на грунтовые среды — увеличением их несущей способности за счет значительного увеличения плотности грунта в забое, стенках и устье котлованов или скважин.

Важным для технологий уплотнения является изучение процессов, происходящих в грунте, поскольку это позволяет более обоснованно выбирать параметры трамбующих органов, режимы их работы с целью обеспечения максимальной производительности используемых механизмов. Кроме того, необходимо отметить, что в этой области существенные резервы возведения объектов различного назначения находятся в создании адаптивных информационных систем, использующих современные средства измерения технических параметров и контроля характеристик грунтовой среды в технологиях производства работ строительными машинами и оборудованием. В связи с этим не утратили своей актуальности вопросы разработки математически строгих методов расчета совместной работы фундаментов, надфундаментных строений и сжимаемой толщи грунтов ограниченных размеров с учетом их деформативных свойств.

Для формализации внешних воздействий (управляющих и возмущающих), приложенных к сложной системе грунтовая среда — технология производства работ — строительный объект, необходимым условием является установление функции их изменения во времени $U = f(t)$, обес-

печивающей однозначное описание положения изучаемой системы в любой момент времени.

Существующие модели грунта, в свою очередь, можно представить как одно-, двух- и трехмерные задачи. Представление в значительной степени зависит от моделируемых условий и требуемой точности соответствия модели поставленной задаче. Необходимо отметить, что во многих случаях на практике возможно ограничение решения в постановке одномерных задач, что приводит к существенным упрощениям расчетов.

Рассмотрим некоторые предпочтения, применяемые в технологии уплотнения грунтов, которые требуют решения ряда важных вопросов, связанных с нелинейными зависимостями характеристик грунта от приложенного воздействия (напряжения) [1]. Одним из таких вопросов является определение зависимости относительной деформации грунта ненарушенной структуры от приложенного напряжения.

Так, например, для описания нелинейной зависимости относительной деформации грунта от приложенного к нему напряжения предлагается три варианта аппроксимирующих кривых [2]:

$$\varepsilon = k_1 \cdot (1 - \exp(-k_2 \cdot \sigma)); \quad (1)$$

$$\varepsilon = k_3 \cdot \sigma^{k_4}; \quad (2)$$

$$\varepsilon = k_5 \cdot \sigma + k_6 \cdot \sigma^{k_7}, \quad (3)$$

где $k_1 \dots k_7$ — коэффициенты, определяемые из опыта.

В свою очередь, зависимость между напряжением и деформацией представляется в виде [3]

$$\varepsilon = \alpha_c \cdot \sigma_c + \alpha_p \cdot (\sigma_p - \sigma_c)^m, \quad (4)$$

где α_c и α_p — коэффициенты, определяемые опытом;

σ_c — напряжение, не превышающее структурной прочности грунта $\sigma_c \leq P_{стр}$;

σ_p — напряжение, обуславливающее деформации грунта, $\sigma_p - \sigma_c =$;

m — параметр нелинейности, определяемый опытом.

А при давлениях больше структурной прочности (4) запишется в виде

$$\varepsilon = \alpha_{сп} \cdot \sigma^m, \quad (5)$$

где $\alpha_{сп} = \beta / E_0$ — общий коэффициент пропорциональности;

— коэффициент, зависящий от коэффициента Пуассона;

E_0 — модуль общей деформации грунта.

В процессе разработки модели динамической деформации грунтовой среды ненарушенной структуры в виде упругопластического полупространства [4] была исследована возможность описания зависимости напряжения — относительная деформация аппроксимирующей кривой (1).

Учитывая структурную прочность грунта $\sigma_{стр}$, эта зависимость для всех $\sigma \geq \sigma_{стр}$ будет иметь следующий вид:

$$\varepsilon(\sigma) = k_1 \cdot (1 - \exp(-k_2 \cdot (\sigma - \sigma_{стр}))). \quad (6)$$

Для уточнения коэффициентов k_1 и k_2 была использована известная зависимость [5] коэффициента пористости грунта e от заданной величины приложенного сжимающего напряжения :

$$e(\sigma) = e_0 - \varepsilon(\sigma) \cdot (1 + e_0), \quad (7)$$

где e_0 — начальный коэффициент пористости грунта. Очевидно, что при бесконечно большой величине приложенного напряжения пористость грунта будет минимальной, $e = e_{\min}$. В этом случае уравнение (7) с учетом (6) при $\sigma = \infty$ примет вид

$$e_{\min} = e_0 - k_1 \cdot (1 + e_0). \quad (8)$$

В [3] приведены нормативные значения характеристик пылевато-глинистых нелессовых грунтов четвертичных отложений для различных коэффициентов пористости e . Для суглинков с числом пластичности $0 \leq I_p \leq 0,5$ структурная прочность грунта $\sigma_{стр} \approx 17$ кПа, а диапазон коэффициентов пористости составляет $0,45 \leq e \leq 0,95$. Таким образом, начальный коэффициент пористости e_0 был принят равным 0,95, а минимальный коэффициент пористости e_{min} — равным 0,45. Решая уравнение (8), был получен $k_1 = 0,2564$.

Для определения порядка величины (не величины!) k_2 используем технические характеристики активатора навесного оборудования для уплотнения грунта на базе экскаватора ЭО-2621 [4]. Примем ускорение рабочего органа (РО) в начальный момент внедрения в грунт равным 100 м/с^2 . Масса подвижных частей активатора — 420 кг, площадь контактной поверхности РО — $0,25 \text{ м}^2$. Таким образом, напряжение в зоне контакта составляет

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{m_{\text{РО}} \cdot a_{\text{РО}}}{S} = \frac{420 \cdot 100}{0,25} = 168000 \text{ Па.} \quad (9)$$

Для данной величины напряжения примем коэффициент пористости $e = 0,8$ и определим порядок величины k_2 :

$$k_2 = -\frac{1}{(\sigma - \sigma_{стр})} \ln \left(1 - \frac{e_0 - e}{k_1 \cdot (1 + e_0)} \right) =$$

$$= -\frac{1}{168000 - 17000} \ln \left(1 - \frac{0,95 - 0,8}{0,2564 \cdot (1 + 0,95)} \right) = 2,36 \cdot 10^{-6}. \quad (10)$$

Величина k_2 была уточнена с использованием математической модели активатора путем соответствия расчетной величины времени внедрения и экспериментального значения времени удара при уплотнении грунтов [6]. Затем была исследована и установлена возможность уточнения коэффициента k_1 , опираясь на величину k_2 :

$$\text{вариант 1.} \quad \varepsilon(\sigma) = 0,2564 \cdot (1 - \exp(-2,95 \cdot 10^{-7} \cdot (\sigma - \sigma_{стр}))); \quad (11)$$

$$\text{вариант 2.} \quad \varepsilon(\sigma) = 0,0495 \cdot (1 - \exp(-2,36 \cdot 10^{-6} \cdot (\sigma - \sigma_{стр}))). \quad (12)$$

Сравним данные, полученные в результате исследования зависимостей (11) и (12) в математической модели активатора, с экспериментальными данными Н. Я. Хархуты [6] и теоретическими расчетами, приведенными В. Н. Тарасовым в [7]. Скорость РО активатора в момент удара $V_1 = 2,97 \text{ м/с}$ (высота сброса РО $h = 0,45 \text{ м}$); масса РО $m_1 = 420,2 \text{ кг}$; модуль общей деформации грунта $E = 8,55 \text{ МПа}$. Для удобства сравнительного анализа в табл. 1

время удара t (с) приведено для одинаковых величин ударного импульса ($i = (m_1 \cdot V_1) / S$).

Из приведенных данных видно, что время удара t , полученное с помощью математической модели активатора для различных аппроксимирующих зависимостей (ва-

Т а б л и ц а 1

$i, \text{ Па} \cdot \text{с}$	Время удара, с			
	Модель, вариант 1 (теор.)	Модель, вариант 2 (теор.)	Хархута Н.Я. (экспериментальные данные)	Тарасов В.Н. (теоретические данные)
5 000	0,0150	0,0150	0,015	0,016
10 000	0,0275	0,0272	0,020	0,023
15 000	0,0374	0,0366	0,025	0,029
20 000	0,0451	0,0435	0,030	0,034
25 000	0,0506	0,0485	0,035	0,038

рианты 1 и 2) превышает экспериментальные данные на 40...50% для больших величин ударного импульса i . Для устранения несоответствия времени удара теоретических и экспериментальных данных для больших величин ударного импульса была исследована возможность уменьшения коэффициента k_1 и увеличения k_2 . В табл. 2 приведены результаты исследования.

Таблица 2

i , Па·с	Время удара, с						
	Хархута Н.Я. (экспериментальные данные)	$k_1 = 0,2564$ $k_2 = 2,95 \cdot 10^{-7}$	$k_1 = 0,0495$ $k_2 = 2,27 \cdot 10^{-6}$	$k_1 = 0,0313$ $k_2 = 2,27 \cdot 10^{-5}$	$k_1 = 0,03113$ $k_2 = 2,27 \cdot 10^{-4}$	$k_1 = 0,03112$ $k_2 = 2,27 \cdot 10^{-3}$	$k_1 = 0,03112$ $k_2 = 2,27 \cdot 10^{-2}$
5 000	0,015	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150
25 000	0,035	0,0506	0,0485	0,0442	0,0441	0,0442	0,0442

Налицо факт «насыщения» и дальнейшее увеличение коэффициента k_2 , как это видно из табл. 2, не приводит к уменьшению результата (времени удара). Таким образом, все возможности кривой (1) для аппроксимации зависимости напряжение — относительная деформация исчерпаны. Учитывая вышеизложенное предлагается следующий вид аппроксимации зависимости напряжение — относительная деформация:

$$\epsilon(\sigma) = k_1 \cdot (1 - \exp(-k_2 \cdot (\sigma - \sigma_{стр})))^{k_3}. \quad (13)$$

Исследования математической модели позволили также определить k_1 , k_2 , k_3 :

вариант 3. $\epsilon(\sigma) = 0,2564 \cdot (1 - \exp(-2,03 \cdot 10^{-7} \cdot (\sigma - \sigma_{стр})))^{14}. \quad (14)$

Как видно из (14), коэффициент k_1 остался без изменений, k_2 по сравнению с (11) изменился незначительно, коэффициент $k_3 = 1,4$. На рис. 1 приведены зависимости (11), (12) и (14), а в табл. 3 — сравнительные данные расчетных и экспериментальных значений времени удара t .

Полученные данные позволяют сделать вывод о применимости уравнения (13) с соответствующими коэффициентами k_1 , k_2 , k_3 для описания зависимости напряжение — относительная деформация суглинка ненарушенной структуры с числом пластичности $0 \leq I_n \leq 0,5$ в рабочем диапазоне ударных нагрузок при моделировании однократного ударного воздействия РО на грунт ненарушенной структуры.

Многофакторность влияния на процесс уплотнения и большие объемы вычислений предполагают создание и использование специализированных программных комплексов. Разработанная математическая модель однократного ударного приложения нагрузки для упругопластического полупространства позволяет существенно упростить и ускорить расчеты.

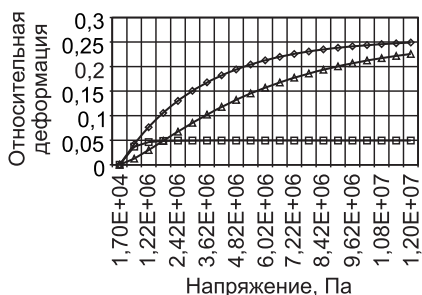


Рис. 1. Зависимость относительной деформации грунта от напряжения в диапазоне 0,02...12,02 МПа. Варианты: \diamond 1; \square 2; \triangle 3

Таблица 3

i , Па·с	Время удара, с		
	модель, вариант 3 (теор.)	Хархута Н.Я. (экспериментальные данные)	Тарасов В.Н. (теоретические данные)
5 000	0,0150	0,015	0,016
10 000	0,0196	0,020	0,023
15 000	0,0254	0,025	0,029
20 000	0,0310	0,030	0,034
25 000	0,0360	0,035	0,038

Для анализа адекватности разработанной модели было проведено сравнительное исследование полученных теоретических и имеющихся практических результатов [1–4] для суглинков различной консистенции. В качестве исходных характеристик грунта были использованы нормативные значения удельного сцепления c_n , угла внутреннего трения φ_n , а также коэффициент пористости e_0 грунта. В результате были получены:

— зависимость плотности суглинка от его пористости $\rho = \rho(e_0)$:

$$\rho = \frac{2700}{e_0 + 1} + 260, \text{ кг/м}^3; \quad (15)$$

— зависимость структурной прочности суглинка от его пористости $\sigma_{\text{стр}} = \sigma_{\text{стр}}(e_0)$:

$$\sigma_{\text{стр}}^{I_L} = \sigma_{\text{стр}}^0 [k_4 \cdot (0,95 - e_0) + 1], \text{ Па}. \quad (16)$$

Решение математической модели с учетом выражений (15), (16) позволило получить графические зависимости времени удара для суглинков различной консистенции с учетом модуля деформации и величины ударного импульса (рис. 2, 3, 4).

Из полученных графиков видно, что:

— средний процент расхождения теоретических и экспериментальных данных для суглинков различной консистенции с модулем деформации $E = 12,0$ МПа с ростом показателя текучести I_L от 0 до 0,75 включительно уменьшается с 31,7 до 20,2% (см. рис. 1);

— средний процент расхождения теоретических и экспериментальных данных для суглинков различной консистенции с модулем деформации $E = 8,55$ МПа с ростом показателя текучести I_L от 0,25 до 0,75 включительно увеличивается с 2,8 до 15,3% (см. рис. 2);

— средний процент расхождения теоретических и экспериментальных данных для суглинков мягкопластичной консистенции с модулем деформации $E = 5,11$ МПа равен 20,7% (см. рис. 3).

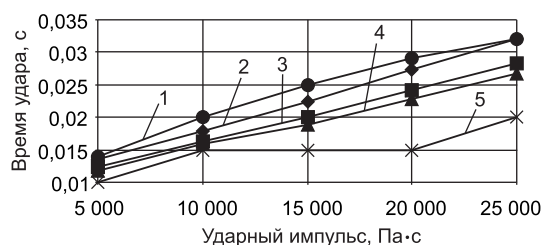


Рис. 2. Зависимость изменения времени удара от величины ударного импульса для суглинков с модулем деформации $E = 12$ МПа:

1 — данные теоретических исследований [7]; 2 — модель для полутвердого суглинка; 3 — модель для тугопластичного суглинка; 4 — модель для мягкопластичного суглинка; 5 — экспериментальные значения [6]

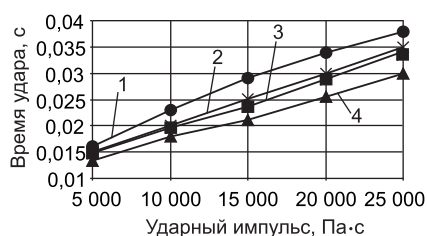


Рис. 3. Зависимость изменения времени удара от величины ударного импульса для суглинков с модулем деформации $E = 8,56$ МПа:

1 — данные теоретических исследований [7]; 2 — экспериментальные значения [6]; 3 — модель для тугопластичного суглинка; 4 — модель для мягкопластичного суглинка

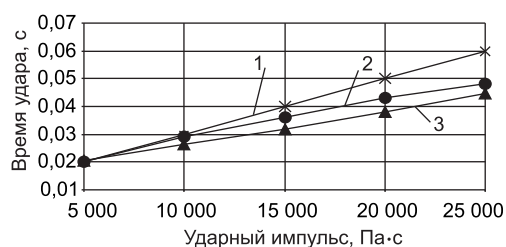


Рис. 4. Зависимость изменения времени удара от величины ударного импульса для суглинков с модулем деформации $E = 5,11$ МПа:

1 — экспериментальные значения [6]; 2 — данные теоретических исследований [7]; 3 — модель для мягкопластичного суглинка

По результатам был получен средний процент ошибки математической модели однократного ударного приложения нагрузки для суглинков различной консистенции, который составил 19,1%, что вполне приемлемо для подобных расчетов.

Анализ результатов работы модели показал ее адекватность не только ранее выполненным теоретическим расчетам, но и существующим экспериментальным данным [5–7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абраменков Д. Э. Технология и механизация возведения фундаментов на уплотненном основании / Д. Э. Абраменков, А. В. Грузин, В. В. Грузин и др. — Караганда: Болашак-Баспа, 2002. — 264 с.
2. Месчан С. Р. Механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения (с учетом временных эффектов) / С. Р. Месчан. — М.: Недра, 1974.
3. Бартоломей А. А. Механика грунтов / А. А. Бартоломей. — М.: АСВ, 2003. — 304 с.
4. Грузин А. В. О модели динамической деформации грунтовой среды в виде упругопластического полупространства / А. В. Грузин // Междунар. сб. науч. тр. «Актуальные проблемы современности». — Вып. 2. — Караганда: Изд-во «Болашак», 2004.
5. Механика грунтов, основания и фундаменты / Под ред. С. Б. Ухова. — М.: Высшая школа, 2002. — 566 с.
6. Хархута Н. Я. Машины для уплотнения грунтов. Теория, расчет и конструкции. — 2-е изд. перераб. / Н. Я. Хархута. — М.: Машиностроение, 1973. — 173 с.
7. Тарасов В. Н. Теория удара в теоретической механике и ее приложение в строительстве / В. Н. Тарасов, Г. Н. Бояркин. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001.

© Абраменков Д. Э., Абраменков Э. А., Грузин А. В., 2008

Получено 10.01.08

УДК 624.132.3 : 621.878 : 62-52

Ю. Ф. УСТИНОВ, д-р техн. наук, проф., **А. Д. КОНОНОВ**, канд. физ.-мат. наук, доц., **А. А. КОНОНОВ**, канд. техн. наук, доц., **С. А. ИВАНОВ**, асп. (Воронежский государственный архитектурно-строительный университет)

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ГРУНТА ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ РАБОЧИМИ ПРОЦЕССАМИ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Рассматриваются вопросы получения оперативной информации об изменении физико-механических свойств разрабатываемого грунта, необходимой для автоматизации управления рабочими процессами землеройно-транспортных машин. Приводятся варианты построения датчиков.

В своей основе автоматическое управление землеройно-транспортными машинами (ЗТМ) сводится к отслеживанию изменений в рабочих процессах, обусловленных вариацией характеристик разрабатываемого грунта, с целью оптимизации реакций исполнительных механизмов работающей машины на флуктуации в производственной обстановке. Поэтому при анализе характера взаимодействия рабочих органов ЗТМ с грунтом и определении возникающих при этом сопротивлений необхо-

димо учитывать физико-механические свойства грунтов [1]. В изменении свойств грунта основную роль играют вариации структурного состояния разрабатываемой среды, в частности, ее плотности и влажности, которые могут быть оценены по измерениям электрических параметров [2]. Современная теория поляризационных явлений в веществе, имеющих место при воздействии на него внешнего электромагнитного поля, позволяет связывать значения электрических характеристик со структурным состоянием исследуемого материала для получения более полной информации о физико-механических свойствах разрабатываемого грунта [3, 4].

Обоснованием целесообразности использования поляризационных эффектов электромагнитной волны, возникающих при взаимодействии зондирующего сигнала со средой исследования, для определения физико-механических свойств разрабатываемого грунта являются большие информационные возможности параметров поляризации поля волны по сравнению с методами, использующими амплитудно-фазовые характеристики рассеянного колебания [5]. В этом случае требуемая для работы автоматической системы информация получается из анализа амплитуд и фаз двух поляризационно-ортогональных компонентов, на которые разлагается отраженная волна. Важным преимуществом поляризационного метода измерения некоторых физико-механических свойств грунта (например, плотности и влажности) является также малая зависимость амплитудных поляризационных параметров, являющихся отношением амплитуд поляризационно-ортогональных компонентов рассеянного поля, от флуктуаций поглощения, связанных с неоднородностью отражающей среды [6].

Рассмотрим элемент земной поверхности с конечной проводимостью, на которую падает плоская монохроматическая волна с эллиптической поляризацией.

Электрические свойства такой поверхности характеризуются комплексной диэлектрической проницаемостью [7]:

$$\epsilon_c = \epsilon + i \cdot 60 \cdot \lambda \cdot \sigma, \quad (1)$$

где — диэлектрическая проницаемость;

— проводимость;

— длина волны.

В работе [8] предлагается поляризационный метод определения диэлектрической проницаемости и проводимости σ применительно к случаю разнесенного радиолокационного приема, в котором целесообразно использовать при углах облучения $0^\circ < \theta < 90^\circ$ излучение с круговой поляризацией, а значения ϵ и σ определять на основе анализа поляризационной структуры отраженной волны.

Отметим, что аппаратное измерение параметров поляризационно-ортогональных представлений поля отраженного сверхвысокочастотного (СВЧ) сигнала при достаточно жестких требованиях к точности затруднительно.

При исследовании поляризационных свойств монохроматических сигналов, наряду с поляризационными, часто используются параметры, квадратичные относительно напряженности поля волны. К числу таких параметров относятся матрица когерентности и параметры Стокса [5]. Практическая ценность параметров Стокса состоит в том, что они позволяют связать между собой различные характеристики и параметры поляризации сигнала и удобны с позиций инженерной реализации.

Установив связь параметров Стокса с параметрами ортогонально-линейного разложения поля волны, можно получить количественные зависимости для расчета диэлектрической проницаемости и проводимости σ исследуемых объектов и сред в виде [7]:

$$\varepsilon = \left(\frac{I-V}{I+V} \cdot \frac{Q^2 - U^2}{Q^2 + U^2} \cdot \operatorname{tg}^2 \theta + 1 \right) \sin^2 \theta = \left(\frac{1+B}{1-B} \cdot Z \cdot \operatorname{tg}^2 \theta + 1 \right) \sin^2 \theta; \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{1}{30\lambda} \cdot \frac{I-V}{I+V} \cdot \frac{QU}{Q^2 + U^2} \cdot \operatorname{tg}^2 \theta \cdot \sin^2 \theta = \frac{1}{60\lambda} \cdot \frac{1+B}{1-B} \cdot \sqrt{1-Z^2} \cdot \operatorname{tg}^2 \theta \cdot \sin^2 \theta, \quad (3)$$

где параметры Стокса имеют вид [5]:

$$I = E_x^2 + E_y^2, \quad Q = E_y^2 - E_x^2, \quad U = E_{x'}^2 - E_{y'}^2, \quad V = E_l^2 - E_{\text{пр}}^2; \quad (4)$$

$$B = \frac{E_l^2 - E_{\text{пр}}^2}{E_l^2 + E_{\text{пр}}^2}, \quad Z = \frac{D_0^2 - 1}{D_0^2 + 1}, \quad D_0 = \frac{E_y^2 - E_x^2}{E_{x'}^2 - E_{y'}^2}, \quad (5)$$

где E_l , $E_{\text{пр}}$ — амплитуды компонентов ортогонально кругового базиса представления поля двумерного сигнала;

E_x , E_y и $E_{x'}$, $E_{y'}$ — амплитуды компонентов линейных базисов, повернутых на угол $\theta/4$ относительно друг друга;

— угол облучения.

В качестве примера на рис. 1 приведены графические зависимости диэлектрических параметров (рис. 1, а) и (рис. 1, б) от параметров B и Z , определяемых соотношениями между интенсивностями поляризационно-ортогональных компонентов отраженного сигнала, для угла облучения $\theta = 80^\circ$.

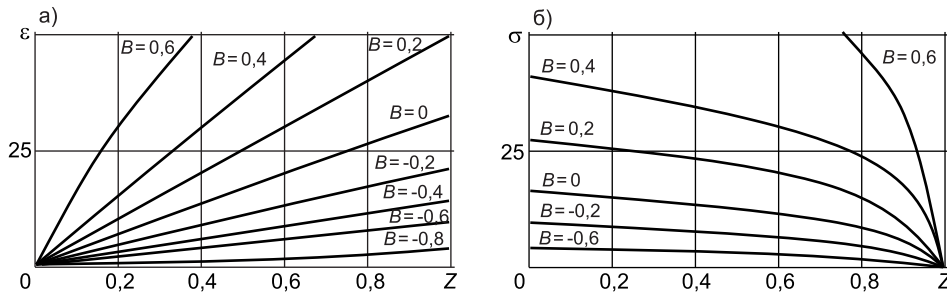


Рис. 1. Зависимость диэлектрической проницаемости (а) и проводимости σ (б) от параметров B и Z

Графики демонстрируют фактическое перераспределение энергии приходящего сигнала между ортогонально поляризованными каналами в зависимости от электрических свойств исследуемого объекта. Видно, что с увеличением θ происходит перекачка энергии в канал с совпадающей поляризацией, и в пределе для идеально проводящей отражающей среды вся энергия информационного сигнала выделялась бы на согласованной нагрузке антенны ортогонального канала.

Значения B и Z могут быть определены при измерении лишь интенсивностей соответствующих поляризационно-ортогональных компонентов различных базисов без проведения фазовых измерений на СВЧ. Принцип измерения одних лишь интенсивностей реализуется в антенной системе, состоящей из четырех линейно-поляризованных антенн, ориентированных под углами 45° друг к другу. Соответствующие переключения антенн и подключение устройств, обеспечивающих сдвиг фазы на

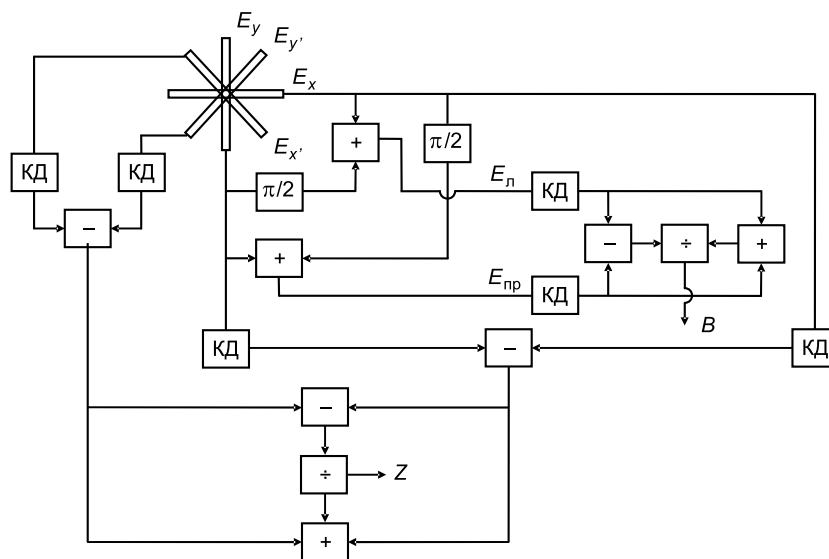


Рис. 2. Функциональная схема поляриметра для определения параметров B и Z .

Блоки: $+$, $-$, $/2$ — соответствующие арифметические операции; КД — квадратичные детекторы; $\pi/2$ — устройства сдвига фаз между ортогонально линейными компонентами на угол $\pi/2$

$/2$, позволяют получить данные об интенсивностях шести компонентов сигнала — двух круговых и четырех линейных, что полностью характеризует поляризационное состояние волны (рис. 2). Поставляемая поляриметром информация в этом случае избыточна, но эта избыточность может быть использована для контроля и повышения достоверности обрабатываемой информации.

Описанная схема поляриметра весьма перспективна, но антенная система сложна, как и схема коммутации антенн. Достаточно затруднительно при этом добиться высокого уровня развязки между поляризационно-ортогональными каналами.

Тем не менее испытание описанного метода измерения характеристик двумерного сигнала в лабораторных условиях дало обнадеживающие результаты в плане существенного повышения точности измерения свойств грунта, а значит и повышения качества управления рабочим органом ЗТМ. Однако установка такого сложного датчика на ЗТМ, например на автогрейдер промышленного производства, встречает в настоящее время ряд неустраняемых трудностей.

В упрощенном, но вполне реализуемом варианте, учитывая, что на сантиметровых волнах пренебрежение слагаемым 60 дает погрешность, не превышающую 5%, а также тот факт, что на практике измерение фазового параметра требует определенных усложнений в анализирующей аппаратуре, более целесообразно как в лабораторных, так и в натурных условиях для нахождения диэлектрической проницаемости при круговой поляризации поля излучения пользоваться приближенным соотношением [5]

$$\epsilon = (q^2 \operatorname{tg}^2 \theta + 1) \sin^2 \theta, \quad (6)$$

где $q = E_{\text{л}} / E_{\text{пр}}$ — отношение круговых компонентов волны (фазор).

Функциональная схема измерения значения q , основанная на указанных допущениях, приведена на рис. 3 и представляет собой существенное упрощение схемы измерителя, показанного на рис. 2.

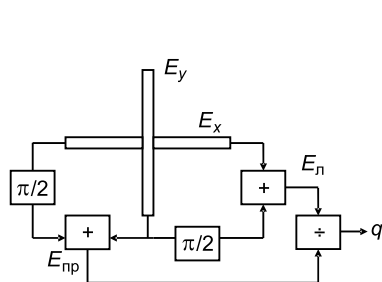


Рис. 3. Схема поляриметра для измерения q ортогонально кругового базиса

Условные обозначения к рис. 3, 4 те же, что и на рис. 2

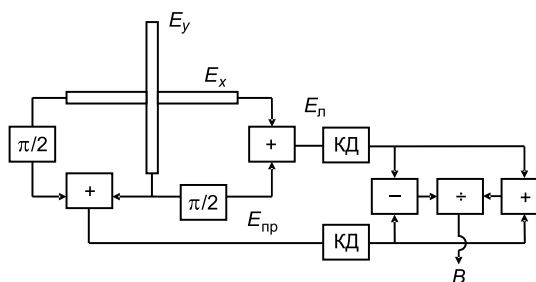


Рис. 4. Схема измерения значения параметра B для характеристики рассеянного поля

Используя связь параметров Стокса с параметрами ортогонально-кругового разложения [5], для расчета диэлектрической проницаемости ϵ в измерителе с ортогонально-круговыми антеннами можно пользоваться приближенной формулой

$$\varepsilon = \left(\frac{1+B}{1-B} \cdot \operatorname{tg}^2 \theta + 1 \right) \sin^2 q. \quad (7)$$

Функциональная схема технического измерения параметра B , входящего в формулу для диэлектрической проницаемости (7), приведена на рис. 4. Датчик, выполненный с использованием схемы, будет обладать большей чувствительностью, так как в каждом плече поляриметра содержатся квадратичные детекторы (КД), усиливающие зарегистрированные изменения свойств грунта. Заметим, что чувствительность датчика для малых значений ε возрастает с увеличением угла облучения и повышения рабочей частоты зондирующего колебания. Одновременно с этим уменьшаются и габаритные размеры измерителя. Можно отметить относительно простую инженерную реализацию последней схемы измерителя и устройств цифровой оперативной обработки данных, выполненных на малогабаритных вычислительных компонентах.

Проведенные исследования могут быть полезны специалистам, работающим в области совершенствования, эксплуатации и автоматизации ЗТМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устинов Ю. Ф. Повышение эффективности процесса разработки грунта косопоставленным отвалом землеройно-транспортной машины/Ю. Ф. Устинов, А. Д. Кононов, А. А. Кононов и др./ Изв. вузов. Строительство.— 2008. — № 1.— С. 69–72.
2. Устинов Ю. Ф. Методологические основы экспериментального определения некоторых физико-механических свойств разрабатываемого грунта/Ю. Ф. Устинов, А. Д. Кононов, А. А. Кононов//Изв. вузов. Строительство.— 2005.— № 11–12.— С. 109–113.
3. Попов Л. Н. Лабораторный контроль строительных материалов и изделий: Справочник/Л. Н. Попов.— М.: Стройиздат, 1986.— 372 с.
4. Сусеков О. М. Измерение диэлектрической проницаемости материалов автогенераторными датчиками в диапазоне 100 — 500 МГц/О. М. Сусеков//Электроника и автоматика на автомобильном транспорте и в дорожном строительстве: Сб. науч. тр.— М.: МАДИ, 1983.— С. 12–15.
5. Поздняк С.И. Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн/С. И. Поздняк, В. А. Мелитицкий.— М.: Советское радио, 1974.— 480 с.
6. Кононов А. Д. Определение пространственно-временных характеристик сигнала, отраженного от статистически шероховатых подстилающих поверхностей/А. Д. Кононов, А. А. Кононов//Межвуз. сб. науч. тр.: Математическое моделирование.

- компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления.— Ч. 1.— Воронеж: ВГЛТА, 2002.— С. 291–294.
7. Маршаков В. К. Определение диэлектрических параметров объектов в СВЧ измерителе с антеннами ортогональной поляризации/В. К. Маршаков, А. Д. Кононов, А. А. Кононов//Вест. Воронеж. ГУ. Сер. Физика, математика.— Воронеж, 2006.— Вып. 2.— С. 91–93.
8. Аникеенко Г. Н. Радиолокационный поляризационный метод определения электрических параметров земных сред/Г. Н. Аникеенко, А. А. Кононов//Сб. тр. Всерос. науч.-техн. конф. «Радио и волоконно-оптическая связь, локация и навигация».— Воронеж, 1997.— Т. 3.— С. 1419–1427.

© Устинов Ю. Ф., Кононов А. Д., Кононов А. А., Иванов С. А., 2008

Получено 17.01.08

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ И ЭКОЛОГИИ

УДК 711.73 : 625.712.4

М. И. АКИМОВА, асп. (Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин))

ПЛОЩАДИ В ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ СИБИРИ

Рассматривается последовательно эволюция архитектурно-планировочной композиции площадей в структуре Сибирских исторических городов на примере городов Тюмени, Тобольска, Томска в исторические срезы с XVI до начала XX в.

Для каждого этапа развития Русского государства в планировке и застройке городов характерны свои особенности, отличающиеся своеобразием, вытекающим из самой сущности этого времени. Особенности, характеризующие тот или иной период, находили свое выражение и в архитектуре общественных центров, имевших на разных этапах развития большое функциональное и архитектурно-художественное значение.

Большинство русских городов, основанных в XV–XVII вв., начинало свое развитие с крепости, выбор места которой, ее размеры и расположение ворот часто определяли уличную сеть и размещение ее посадов и слобод. Застройка первых сибирских городов также начиналась с крепости, занимавшей самое выгодное положение как в фортификационном, так и в ландшафтном аспектах, от нее в соседний город прокладывались дороги, которые подходили к главным воротам. Позже крепость становилась историческим ядром города.

Древнерусские города состояли из крепости (ядра города), посада и слобод, сибирские города-крепости в этом отношении не являются исключением.

Для сибирских крепостей конца XVI–XVII вв. была свойственна простота конфигурации, большая насыщенность внутренней застройки, четкая градация главных структурообразующих компонентов, ясность в размещении внутрикрепостных сооружений и относительная регулярность планировки дворовых участков [1], а также характерно строительство деревянных крепостей квадратной или прямоугольной формы в плане. Первоначально города-крепости формировались как административно-военные и только к концу XVII — началу XVIII в. становятся торгово-перевалочными, ярмарочными и ремесленными центрами.

В архитектурно-пространственной композиции сибирского города большую роль всегда играла главная площадь. Площадь, расположенная на территории крепости, помимо духовной функции, являлась еще и местом, где происходили торговые сделки.

В XVI–XVII вв. в сибирском городе-крепости образовывался центр управления (воеводский двор) и сакральный центр — церковь, а под стенами крепости у главного сухопутного или водного пути — торговый центр («торг»). Ко всем этим элементам: к ядру, крепости, торгу подходила вся уличная сеть города, ведущая в дальнейшем к посадам и слободам. Рост города вызывал усложнение структуры центральной части, так, например, в структуре города появлялись дополнительные торги.

Общественными центрами ранних сибирских городов были и обширные торговые площади; одной стороной они часто примыкали к крепостной стене с главными воротами, другой — к реке, где были пристань и торговый берег, что является одной из древнейших особенностей русских городов. Площади не имели четких границ и формировались несложным набором общественных построек (таможенная изба, церковь, торговые ряды, гостиный двор и др.) [2].

В XVII — первой половине XVIII в. с образованием слобод и монастырей образуются свои площади, выполняющие роль второстепенного центра на территории слобод и монастырей.

Во второй половине XVII в. сибирские города, возникшие вблизи крупнейших водных магистралей, были как геометрически правильной (в основном города Восточной Сибири), так и нерегулярной формы, определенной рельефом местности (г. Тобольск) или мысовым расположением города (города Тюмень, Томск).

К середине XVII в. сибирские города приобретают укрепленные посады, с расположенными в них храмами, гостиными дворами и пр. Организация посадов характеризовалась соответствием планировочных трасс горизонталям рельефа, главными улицами, идущими вдоль рек, и перпендикулярных рекам улиц, выходящих к ним (города Тюмень, «верхний» Тобольск).

Планировочная композиция «верхнего» и «нижнего» посадов г. Томска была неправильного очертания. Планировка г. Томска определялась сложным рельефом и была полукольцевой неправильной формы с радиальным размещением улиц, выходящих к прибрежным территориям.

Внутренняя планировка «верхнего» посада г. Тобольска имела регулярный характер с параллельно-рядовым расположением домов и дворовых участков. Для посадов городов Тюмени и «верхнего» Тобольска характерна геометрически правильная сетка кварталов и улиц, и только изменение формы рельефа нарушало эту регулярность, в таких местах появлялись косые кварталы, но при относительном сохранении прямизны улиц и переулков.

Для крепостей Сибири в архитектурно-пространственном аспекте характерен живописный силуэт, когда над рядовой застройкой возвышались шатровые башни и шпили церквей.

Тюменский посад, расположенный на высоком ровном участке, отличался особой регулярной планировочной композицией, в которой прослеживается тенденция лучевой системы города. Регулярная планировка кварталов образовывала сквозные магистрали-лучи, идущие к площадям с высотными доминантами. Места для площадей с расположенными на них церквями выбраны композиционно правильно, так как соблюдены условия их наилучшего восприятия благодаря постановке их на возвышенных точках рельефа и открывающемуся на них виду со стороны р. Туры. Организовывались площади путем исключения из застройки одного из

кварталов, т.е. так же как и в организации площадей будущих городов периода классицизма.

Композиции городов-крепостей Сибири XVII в. позволяют проследить важную особенность планировки внутри крепости — размещение общественно-культового сооружения в центре композиции и организации значительного пространства окружающей церковь площади при небольшом размере внутрикрепостной территории. В этом проявляется тенденция будущих планировочно-композиционных черт классицистического города [1].

В некоторых случаях, когда крепость располагалась не на самом берегу, а занимала близкую возвышенность с целью обеспечения выгодных оборонительных качеств и неприступности, тогда между площадью и пристанью возникала торговая улица. Это видно на примерах городов Томска и особенно Тобольска, где Гостиный двор находился в нагорной части, а напротив него стояли мясные, рыбные ряды и торг с дровами и сеном для жителей Верхнего посада, но основная рыночная площадь сложилась у подножия горы — при взвозе. Там внизу вокруг Богоявленской церкви сгруппировались мясные и рыбные ряды, конный базар, харчевни, амбары. Дорога подходила к Казачьему взвозу, при которой находились Московские ряды, таможня, важня, место, где торговали хлебом, и биржа извозчиков. У моста через р. Курдюмку, на перекрестке продолжения улиц Московской и Знаменской стояли Купецкие и Бухарские ряды, харчевня и общественная баня [2]. Таким образом, торгово-перевалочные центры размещались отдельно от крепостей на пониженных участках. Выгодно связанные с рекой и пристанью они являлись основой, вокруг которой формировались посады (нижние города), окруженные вторым кольцом обороны — палисадами, рвами и рогатками.

Основанные изначально города-крепости Сибири как военно-оборонительные и административно-ясачные к концу XVII — началу XVIII в. формировались как административно-военные, торгово-перевалочные, горно-заводские, ярмарочные, ремесленные. Изменения в застройке городов проявлялись в том, что производственные предприятия и места торговли становятся значительными планировочными образованиями, своеобразными градостроительными узлами в плане города.

Планировка посадов второй половины XVII в. была разнообразной — прямоугольного очертания с делением участков на правильные параллельные ряды (города Тюмень, «верхний» посад Тобольска), и неправильные, зависящие от рельефа, живописные композиции (г. Томск). В конце XVII — начале XVIII в. посады были развитыми и делились на административно-торговую, культовую и жилую части (города Тюмень, Тобольск), на их территориях появились площади, играющие второстепенную роль по сравнению с центром.

Направление трактов и дорог, проходящих через города, расположение крепостных проезжих башен и удобных выходов к реке предопределяли планировочную характеристику посадов, начертание улиц и кварталов, форму и положение площадей.

С развитием торгово-хозяйственной деятельности происходит превращение военно-административных пунктов в более развитые поселения, происходит быстрый рост городов, таких как Тюмень, Тобольск, Томск и др., возникших первоначально как пункты оснащения речных караванов и перевалки товаров. К концу XVIII в. сибирские города утрачивают свое стратегическое значение.

На месте обветшалых и утративших свое значение укреплений возводятся торговые, казенные и церковные комплексы и отдельные сооружения, формирующие новые площади и улицы [3].

В городах Тюмени и Томске развитие посада выходит за границы оборонительных укреплений. В г. Тобольске вокруг укрепленного ядра вырастают сначала «регулярный», «верхний», а позже у р. Курдюмки «нижний» посад, планировочно определившие главные направления дальнейшего развития города. Почти также развивался и г. Томск с верхним и нижним посадами, которые продолжали обносить линиями укреплений для защиты от возможного нападения [1].

В строительстве первых сибирских городов в XVIII в. проявлялось стремление к ансамблевому решению. Отдельные здания объединялись в комплексы: в них частное, как бы оно ни было удачно, служило только ступенькой к выражению главной градостроительной особенности городского «организма» — кремлю (города Тобольск, Томск), обычно концентрировавшего самые выразительные сооружения города.

Основному ядру города вторили здания приходских церквей, расположенные вдоль береговой территории или в глубине застройки. Их вертикали были акцентами пространственной структуры города и создавали более сложную архитектурно-пространственную среду. Обычно они свободно стояли на небольших площадях, часто окруженные рощами деревьев. Кремлевские сооружения обогащали панорамы городов, расположенных на плоском месте. Это противопоставление становилось еще более выразительным при размещении кремлей на возвышенности, господствовавших над городом, что видно из панорам городов Тобольска и Томска.

Цельности впечатления способствовал и художественный контраст — узкие улицы выводили на обширные торговые площади, над зыбью крыш одноэтажных домов возвышались башни крепостей, запутанному лабиринту улиц противопоставлялась линейная четкость крепостных стен и т.д. [2].

Застройка городов в XVIII и первой половине XIX в. значительно изменилась. К концу XVIII в. в Сибири начинали проводиться первые мероприятия по регулированию городской застройки путем составления планов городов. В них указывались места для размещения торговых, культовых и административных площадей, ремесленно-промышленных производств, складов, казарм и других объектов. Определялись направления главных улиц, трассы которых соответствовали основным торгово-почтовым трактам и дорогам, проходившим через города. Назначались размеры кварталов и ширина улиц [4].

Большое число городов после пожаров получило регулярную систему планировки по указу Екатерины во второй половине XVIII в. Идея регулярности заключается в упорядочении планировочной структуры, приведении ее к единому замыслу, в выделении общегородского центра, симметричности в организации главных площадей, геометрически правильной прямоугольной сети проспектов и бульваров, пешеходных и транспортных трасс и размещении второстепенных открытых пространств.

Города Тобольск и Тюмень с упорядочением застройки получают еще большие черты регулярности — главные улицы плавно перетекали в межгородские дороги, а кварталы правильной формы образовывались перпендикулярно им.

В процессе урегулирования планировки городов происходило выпрямление существующих улиц, геометрическая упорядоченность жилой застройки, площади вокруг культовых сооружений расширялись и приобретали геометрически правильные очертания.

Основным принципом композиции являлся принцип центризма — выделение центра открытым пространством или постановкой в центре общественного или культового сооружения [5].

При разработке новых генеральных планов учитывалась существующая застройка, а новые магистрали и площади ориентировались на

такие существующие высотные доминанты, как колокольни, монастыри, церкви.

Для утвержденных генеральных планов XVIII в. характерна четкость планировочного каркаса, обозначение доминант, ансамблей и центра города, часто совпадающего с историческим ядром.

Упорядочение планировки и застройки сибирских городов в конце XVIII в. сказалось и на застройке городских центров. Происходит усиление роли торговых центров в общественной жизни. Очень часто связующая ось между двумя или несколькими культовыми комплексами превращалась в основную магистраль города, а центральное место стали занимать гостинодворские торговые комплексы. Во второй половине XVIII в. происходит увеличение типологии общественных зданий, появляются регулярно-распланированные общественно-торговые центры, застроенные торговыми или гостинными рядами. Торговые комплексы в это время стали играть большую роль в формировании городских центров.

В центрах происходит строительство новых административно-общественных, торговых и культовых зданий и сооружений, складываются определенные приемы размещения этих зданий. В связи с тем, что планировка посадов, первоначально возникших возле сибирских крепостей, была свободной, живописной, то после утверждения генеральных планов происходила перепланировка путем спрямления трасс улиц и переулков для создания геометрически правильных по очертанию кварталов. Новые торговые площади располагались около церквей и являлись центрами для окружающих жилых районов, форма плана таких площадей была случайной с различными размерами. Чаще всего встречается прямоугольная форма площади в планах застройки таких городов, как Тобольск, Тюмень и др.

Ядром городских центров Тюмени, Томска и др. становятся торговые гостинодворские площади с крупными объемами Гостиных дворов, торговыми рядами, таможенными постройками, лавками, амбарами, биржевыми корпусами, базарными строениями и другими объектами. Формировались административно-общественные площади, где размещались различные казенные постройки, здания городского управления, магистраты, ратуши, присутственные места, полицейские управления. В наиболее крупных сибирских центрах создавались такие общественные учреждения, как училища, публичные библиотеки, кабинеты редкостей. Возникали и совершенно специфические комплексы, связанные с особенностями промыслово-хозяйственной и торговой роли отдельных городов.

К торговым и административным площадям, как правило, вели основные дороги и тракты, связывающие центры с пригородными селами и другими населенными местами.

Ярким индивидуальным характером в композиционно-пространственном отношении выделяется комплекс сооружений исторического ядра г. Тобольска. Там в связи с резиденцией сибирского митрополита находились такие здания, как архиерейский дом, приказ, духовная семинария, дом митрополита [4].

На трассировку улиц и организацию площадей при составлении планов в XVIII в. оказывало большое влияние размещение каменных церквей и Гостиных дворов. Эти сооружения определяли характер застройки и давали названия площадям и прилегающим улицам.

Градообразующим элементом композиции г. Тобольска на протяжении всего периода был каменный ансамбль кремля, занимавший чрезвычайно выгодное положение в городе, а также силуэты Рождественского и Преображенского монастырей.

Церковные сооружения сибирских городов в XVIII в. занимали особое место, являясь наиболее крупными капитальными и богатыми по отделке объектами. С исчезновением крепостей и острогов, определявших облик городов, главенствующую роль в формировании их силуэта приобретают каменные храмы, с возведением которых возникает новая система планировки площадей и улиц [4].

К концу XVIII — началу XIX в. практика разработки регулярных планов городов укрепляется, в разработке планов принимают участие видные столичные архитекторы, такие как В. П. Стасов, Д. Кваренги, В. Гесте, Н. А. Львов, А. Д. Захаров и др., осуществляющие контроль за деятельностью местных губернских специалистов.

В 1830 г. утверждается план г. Томска, разработанный архитектором В. Гесте. В плане при наличии регулярной основы учитывались и местные ландшафтные особенности города. Веерообразная структура плана, предложенная В. Гесте, довольно удачно фиксировала территориальное положение главного центра, трактуя р. Ушайку как ландшафтную радиальную ось в композиции городской структуры. Планом предусматривалась организация системы площадей, равномерно расположенных на территории города. Выделялись специальные зоны для промышленности и складов [6].

Сохранив в известной степени принцип дифференциации городских площадей на торговые, административные и культовые, характерный для XVIII столетия, они приобрели в то же время новые композиционно-пространственные качества. В процессе территориального роста городов центры получают более развитую расчлененную систему, построенную в ряде случаев на продольных композиционных осях с перетекающим пространством площадей.

В г. Томске центр развивается по меридиональной оси вдоль р. Томи, где, наряду с существующей торговой, возникает новая площадь на Юрточной горе.

Оживление культурной жизни городов Сибири совпадает в первой половине XIX в. с их дальнейшим экономическим подъемом, обогащением торгово-чиновничьих слоев населения. Именитые купцы, крупные чиновники, принаравливаясь к духу времени, строят лучшие каменные дома на центральных участках города, заказывая проекты местным и столичным архитекторам. Такие постройки приобретают нередко черты, свойственные светской дворцовой архитектуре, дополняя застройку главных площадей и улиц [4].

В первой половине XIX в. постепенно складывается капитальная застройка центра г. Томска. Неблагоприятное местоположение городского центра на низком участке в пойме извилистой р. Ушайки оказалось исключительно устойчивым. Еще в XVIII в. под Воскресенской горой образовалась торговая площадь, которая сохранялась и в последующих проектных планах. К началу XIX в. на месте торговой площади создается городской центр, типичный для сибирского города такого ранга — с церковью, биржевым корпусом, Гостиным двором, магистратом и другими зданиями.

Обширная соборная площадь г. Томска примыкала к главной Почтамтской улице. По ее периметру размещались здания присутственных мест, полиции, военно-сибирского отделения гражданского и военного губернаторов. Торговый центр города сохранялся на прежнем месте в устье р. Ушайки.

Кроме отмеченных центров, планом предусматривалось создание целой системы площадей различного назначения, в которую вошла и самая большая площадь — Ярмарочная, находившаяся при въезде в город со стороны Иркутского тракта [3].

Несмотря на общие черты объемно-пространственной организации городских центров, присущие сибирским городам в начале XIX в., в сооружениях, формирующих их облик, прослеживались и индивидуальные особенности, вызванные разнообразными природными условиями и различным административным значением того или иного города, а также его хозяйственно-экономическим профилем.

В главных административно-торговых центрах — городах Тюмени, Томске формирующим композиционным началом были общественные, административные и торговые сооружения и, в частности, монументальные объемы Гостиных дворов, занимавших центральное, господствующее место на площадях, периметр которых застраивался общественными и казенными постройками, лавками и биржевыми корпусами. Силуэт и положение центров по-прежнему определяли церкви, которые занимали несколько обособленные в плане, но ключевые в пространственном отношении участки [4].

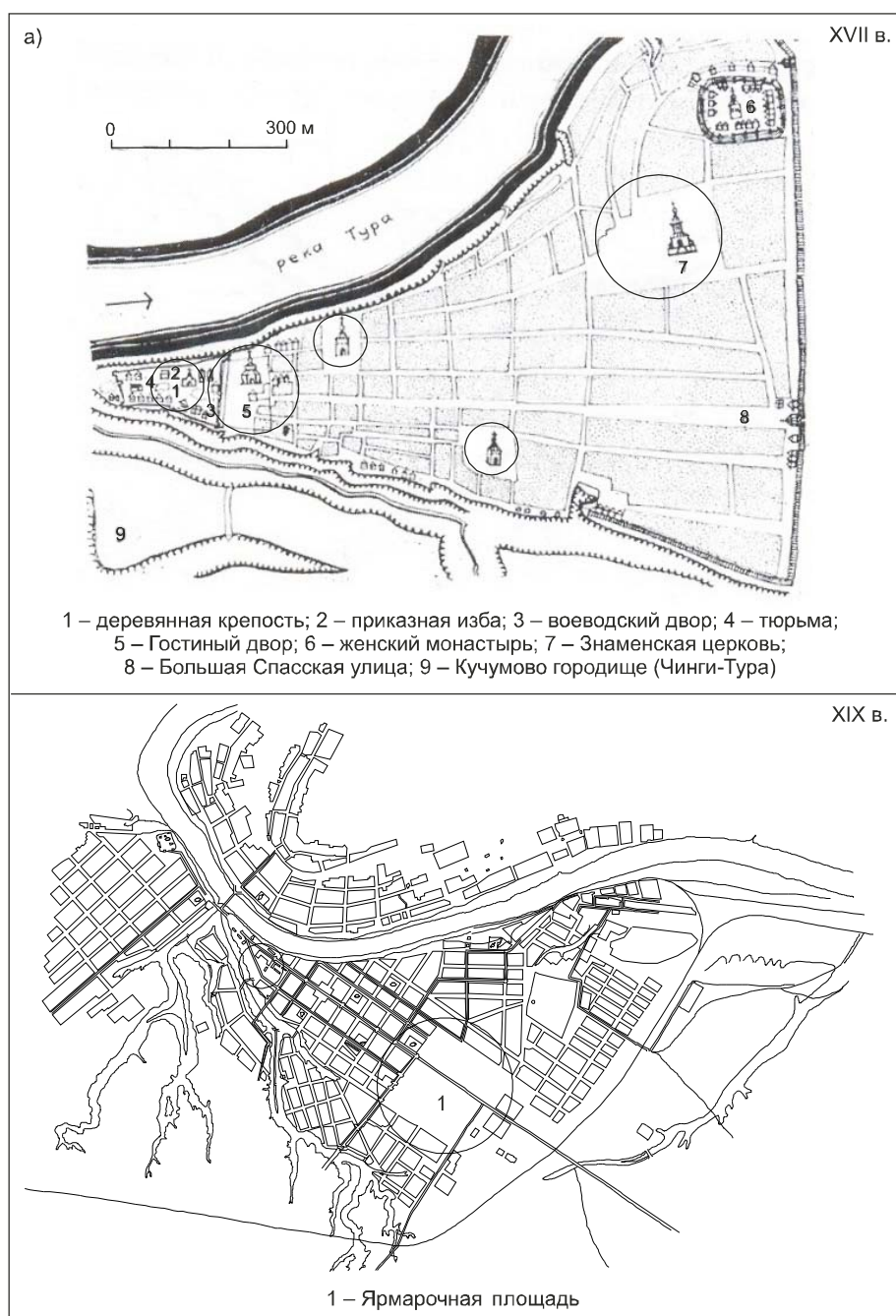
Эпоха второй половины XIX — начала XX в. ознаменовалась внедрением капитализма в экономику Сибири и прокладкой Великой железнодорожной магистрали, явившейся важным фактором в формировании городов. В период развития капитализма застройка центров городов приобретает новые черты, появляются новые типы общественных зданий, такие как банки, офисы, крупные торговые центры.

Железная дорога не затронула сложившуюся структуру центров, скорее влияние на их изменение оказало функциональное усложнение городов в условиях капиталистических отношений. Центры застраивались общественными зданиями, а площади утрачивали некоторые из прежних функций, так как деловая и общественная жизнь переносилась на главные улицы, застраиваемые соответствующими зданиями общественного назначения. Функциональное значение площади становится более узким — соборные, театральные, вокзальные площади. Торговые функции закрепляются за специальными базарными территориями, размещающимися за пределами исторического центрального ядра города. Концентрация застройки смещается от береговой зоны центральных районов к их внутренним территориям.

В этот период происходит в основном рост городов, расположенных у железнодорожной магистрали, таких как Омск, Новониколаевск, и угасание роста городов, мимо которых прошла железная дорога (г. Томск).

В рассматриваемый период в большинстве городов происходят процессы стихийного зонирования центров, в результате формируются административные, культовые университетские, торгово-деловые и торгово-рыночные зоны с определенным набором зданий и соответствующей планировочной организацией территорий.

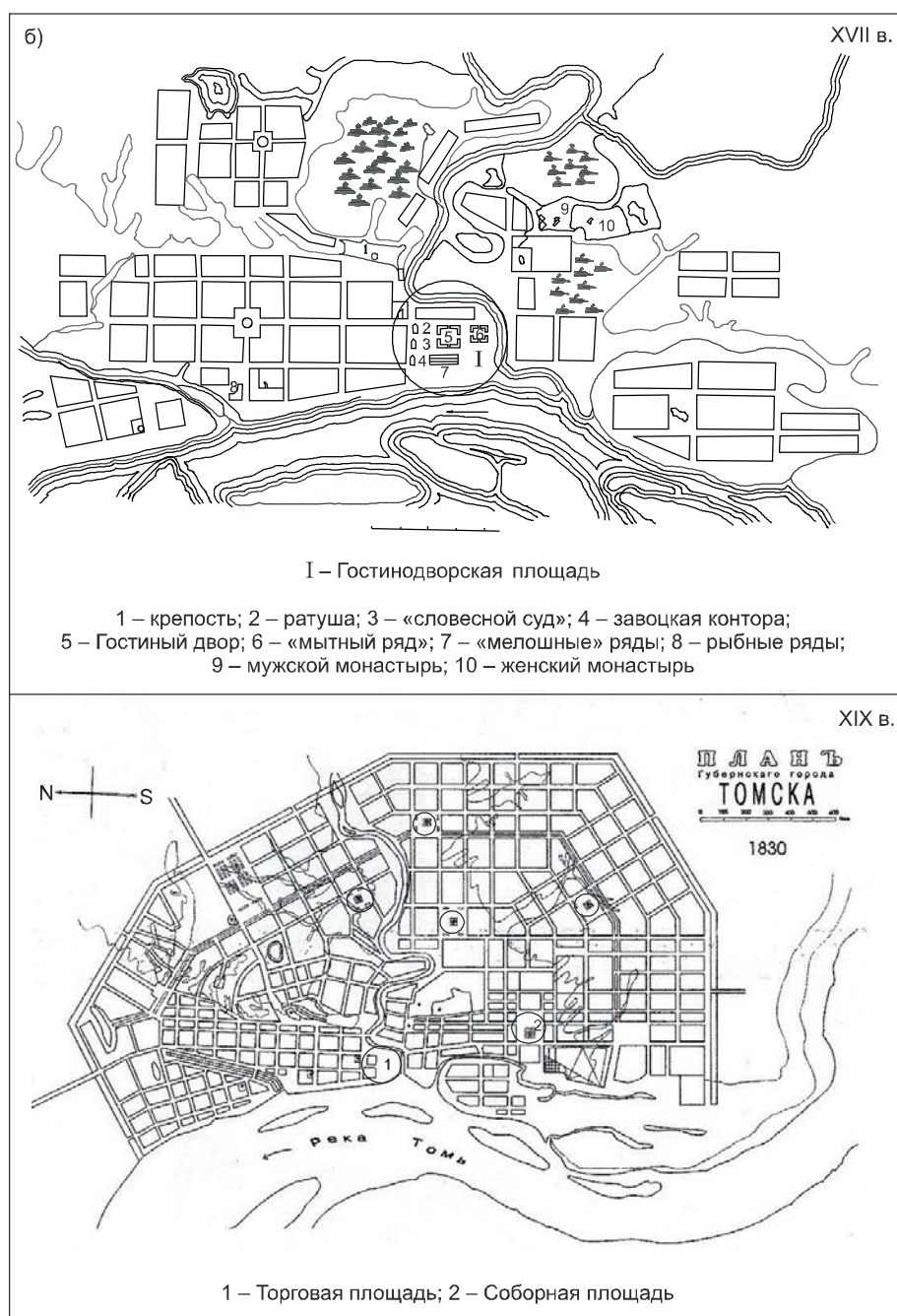
Значительное развитие получают торгово-рыночные площади, по периметру которых складывается система торговых улиц, кварталов постоянных дворов для размещения многочисленных обозов с привозными товарами. Эти районы становятся наиболее оживленными и пользуются популярностью у городского населения. Особенно притягательными такие районы были в Иркутске и Томске — городах, имевших в Восточной и Западной Сибири особо важное торгово-распределительное значение и сосредоточивших значительную часть торгово-промышленного капитала. Хотя г. Томск оказался после прокладки железной дороги в стороне от основного хозяйственного русла, он сохранил роль торгового города, а будучи форпостом российской культуры в удаленном таежном крае, формировался в новом престижном качестве как учебный, научный и культурный центр Сибири. Это нашло отражение в характере застройки городов и зонировании его центра.



Эволюция архитектурно-планировочной композиции

В начале XX в. в большинстве городов Сибири сложилась композиционно-пространственная основа центра города с его неповторимыми градостроительными чертами. Облик центра, главной площади каждого города определялся историческими особенностями планировки и застройки, нюансами стилистической трактовки культовых, общественных, жилых зданий и, в значительной мере, характером ландшафта [3].

Выводы. В каждый исторический период на территории городов Сибири формировались площади: главные и второстепенные, ставшие важнейшими градостроительными узлами в планировочной структуре.



исторических городов Сибири: а — г. Тюмень; б — г. Томск

Возникавшие площади имели застройку, отвечавшую ее рангу. Архитектурно-пространственная композиция доминировавших на площадях зданий (церкви, соборы) отражала архитектурные стили каждой исторической эпохи (барокко, классицизм, эклектика).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проскурякова Т. С. Планировочные композиции городов-крепостей Сибири (II половина XVII — 60-е гг. XVIII в.)/Т. С. Проскурякова.— АН № 25.— М.: Стройиздат, 1976.

2. Кочедамов В. И. Первые русские города Сибири/В. И. Кочедамов.— М.: Стройиздат, 1978.
3. Оглы Б. И. Формирование центров крупных городов Сибири. Градостроительные и социально-культурные аспекты/Б. И. Оглы.— Новосибирск: Изд-во НГУ, 1999.— 168 с.
4. Оглы Б. И. Строительство городов Сибири/Б. И. Оглы.— Л.: Стройиздат, 1980.— 272 с.
5. Проскурякова Т. С. Старое и новое в градостроительстве Сибири (II половина XVII–XVIII вв.)/Т. С. Проскурякова.— АН № 26.— М.: Стройиздат, 1978.
6. Кириллов В. В. Тобольск/В. В. Кириллов.— М.: Искусство, 1984.

© Акимов М. И., 2008

Получено 14.01.08

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

УДК 69.003 : 658.387

В. Д. ВЕРЕСКУН, ректор, канд. техн. наук, доц., **В. С. ВОРОБЬЕВ**, д-р техн. наук, доц. (Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск)

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ВИРТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМ ПРОЕКТОМ

Предложены подходы к виртуальным проектам на основе создания нового информационного пространства для организации многостороннего информационного взаимодействия участников проекта.

Эффективная реализация крупномасштабных проектов, к которым относятся олимпийские объекты в г. Сочи, железные и автомобильные дороги, газопроводы, в условиях большого количества их участников и географической разобщенности требуют создания и развития новых форм и методов управления, осуществляемых на всех фазах жизненного цикла. Контроль над выполнением проекта ведут соответствующие исполнители организационной структуры, и в случае его отсутствия предполагается снижение или потеря управляемости реализацией проекта.

Принципы организации глобальной сети интернета позволяют и провозглашают новые методы работы [1]. Это, прежде всего, свободный доступ и равноправие партнеров, добровольное участие и подверженность рыночных событий влиянию участников, повышение прозрачности рынка с одновременным снижением различий в степени информированности партнеров.

Такой подход требует иных методов управления, а именно, частичного перехода от структурного способа управления проектом к бесструктурному, т.е. виртуальному управлению.

Под виртуальным управлением будем понимать информационный процесс взаимодействия субъектов управления в среде IT-технологий, переводящий объект управления (проект) из исходного состояния в требуемые в пространстве целей управления по допустимым путям развития (траекториям пространства состояний).

Безусловно, переход на виртуальные методы управления требует не только их научной разработки, но и изменения мышления менеджеров через обучение.

Виртуальное обучение — процесс передачи/получения знаний, умений, навыков методами имитации выполнения работ и проведения деловых

вых игр по всем фазам проекта географически разобщенными индивидуумами, группами, организационными единицами или же учебными заведениями, функционирование учебного процесса у которых проходит при обязательном участии информационных технологий на основе систем управления распределенными базами данных, базами знаний, экспертными системами.

Решающее значение приобретает информационное взаимодействие участников проекта. Приоритетными становятся не сами компьютеры, а их коммуникационные связи. Происходит не только повсеместное пространство информации, но и ее объединение в единое целое [2].

По мнению авторов, именно созданием нового информационного пространства обуславливается появление рынка виртуальных проектов, где возникает многостороннее «информационное партнерство» участников проекта. В условиях прямых и оперативных контактов через Интернет, в единой информационной среде эти связи могут превращаться в сотрудничество, направленное на коллективный поиск путей повышения эффективности по всей логистической цепи реализации проекта, а также совместного использования полученных выгод. Примерами служат компании Cisco System, General Electric, Dell, Ford, Visa и др. [3].

В работе [4] информационное партнерство рассматривается на базе трех участников: поставщиков, клиентов и персонала, которые, собственно, и формируют виртуальный проект (рис. 1). Трехстороннее информационное партнерство не в полной мере охватывает информационное поле бизнес-процессов участников инвестиционно-строительных проектов.

Наличие дисперсионного производства, пространственной рассредоточенности персонала,

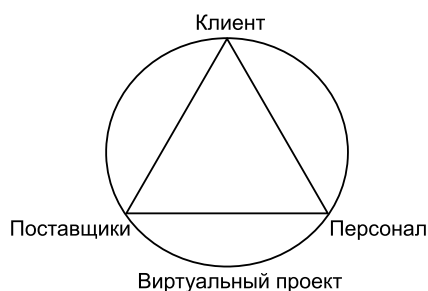


Рис. 1. Трехстороннее виртуальное партнерство



Рис. 2. Структура виртуального проекта

участников и клиентов крупномасштабных проектов, транспортной сети с формированием маршрутов перевозок строительных грузов, участия инфраструктуры на всей цепочке движения продукции являются, по убеждению авторов, доминирующими признаками виртуальных проектов (рис. 2). При таком подходе центром архитектуры информационной системы становятся именно каналы взаимодействия с партнерами, а не сбор и обработка внутренних данных, которая отходит на второй план [5].

В работе [4] вводятся понятия: «виртуальный клиент», «виртуальный поставщик», «виртуальный персонал».

Виртуальный клиент рассматривается с позиции его удержания от перехода к конкурентам за счет установления длительных доверительных отношений, составляющих для клиентов некую особую ценность. Это обеспечивает гибкость и устойчивость организации на рынке, ибо расходы на привлечение нового клиента в 5 раз превышают издержки на удержание существующих. Современный уровень телекоммуникационных и компью-

терных технологий позволяет виртуальной организации взаимодействовать с каждым из потребителей индивидуально, учитывая уникальные приоритеты в отношении цены, качества предоставляемых услуг и др.

Потребитель сам предоставляет данные о себе и своих предпочтениях, регистрируясь на сайте, делая покупки. Хранение и обработка такого огромного потока данных невозможны без использования специальных информационных систем E-CRM (Electronic Customer Relationship Management), которые полностью интегрируются с web-сайтом организации и фиксируют всю информацию на нем.

E-CRM-системы регистрируют и анализируют все контакты между покупателем и продавцом, осуществленные через web-сайт организации или по электронной почте, фиксируется информация о предпочтениях покупателей, история предыдущих покупок и контактов.

При этом можно говорить о сегментации, когда каждый покупатель представляет собой отдельный сегмент, а виртуальная организация занимается всегда индивидуальным персонализированным взаимодействием с клиентами.

Соответственно разработка, дизайн, производство и реализация продукта в условиях «массовой персонализации» («mass customization») становятся единым процессом, направленным на решение конкретной проблемы покупателя.

В настоящее время информационные технологии управления перевозочным процессом сводятся преимущественно к информационному сопровождению перемещения груза, выполнению технологических процедур и операций транспортного процесса, информационно-справочному обслуживанию пользователей транспорта, организации учета, отчетности и архивации перевозочных документов.

Для транспортной системы актуальным становится управление отношениями с участниками перевозок и участниками логистических цепей (SMC-система).

В виртуальных организациях управление цепочками поставок рассматривается как стратегия бизнеса, обеспечивающая эффективное управление материальными, финансовыми и информационными потоками для обеспечения их синхронизации в распределенных организационных структурах.

Решение виртуальной организации по реализации бизнес-концепции SCM базируется на методе вовлечения отдельных взаимосвязанных элементов в общий процесс управления компанией с целью предотвращения нерационального расходования и потерь товарных, финансовых, трудовых ресурсов. SCM — процесс планирования, с точки зрения снижения затрат, потока сырья, материалов, незавершенного производства, готовой продукции, сервиса и связанной информации от точки зарождения заявки до точки потребления. Это процесс управления, который напрямую зависит от спроса, запросов потребителей и начинается от составления плана продаж, плана перевозок, хранения и реализации. Обычно он формируется на данных предшествующих периодов с учетом заключенных договоров и заявок потребителей. Это значительно упрощает решение сложных задач планирования, обработки результатов маркетинговых исследований и управления потоками материальных ресурсов.

Отдельные комбинации этих элементов известны как системы DRP (планирование потребностей распределения), SIC (статистическое управление запасами), JIT (точно в срок), MRP (планирование наиболее необходимых материальных затрат), EDI (электронный обмен данными), FMS (гибкая производственная система), SDP (планируемая программа доставки или гарантированное снабжение) и т.д. [4].

Исследование IDC показало, что рынок электронного бизнеса и управления взаимоотношениями с поставщиками будет выстроен в течение следующих 4–5 лет, поскольку проведение транзакций через Интернет получает все более широкое распространение, и компаниям придется реинвестировать в их инфраструктуру электронного бизнеса, чтобы остаться конкурентоспособными.

Понятие «Виртуальный персонал» родилось из необходимости выполнения совместной групповой работы в удаленном режиме, обеспечиваемом современными компьютерными технологиями [6]. Они расширяют границы сотрудничества. Исчезает необходимость пространственного сосредоточения персонала для эффективной совместной работы: в одном офисе за соседним столом, здании, городе или даже стране. Такие группы (команды) получают название виртуальных.

В случае применения виртуального персонала изменяется сам статус работника компании: он рассматривается как потенциальный ресурс, как совокупность знаний и умений, представляющих ценность для организации. Эти требования к персоналу соответствуют 3-му и 4-му уровням знаний [7]: 3-й уровень — знания — умения (умение применять полученные знания в практической деятельности); 4-й уровень — знания — трансформации (умение перенести полученные ранее знания на решение новых задач, новых проблем).

Формально для виртуальной компании имеет значение только содержание ресурса, доступность его обеспечивается при помощи ИКТ. Причем эта открытость и доступность материалов является как большим преимуществом компании, так и создает ряд проблем [4]. Каждый новый сотрудник виртуальной компании получает возможность быстрого доступа ко всем накопленным материалам и может без значительных транзакционных издержек принимать участие в обсуждении в режиме on-line. Однако в виртуальной организации возникает более острая необходимость в общении, способности к кооперации и сотрудничеству. Выложенный на сервере материал — это всего лишь первая ступень в организации виртуального взаимодействия. Обязательно должно присутствовать общение сотрудников, в результате которого происходит процесс обмена знаниями и могут возникнуть более ценные идеи. Процесс перехода от конкуренции к сотрудничеству известен как переход от черно-белой шкалы доминирования — подчинения к серым шкалам: конкуренция — кооперация — координация.

В результате формируется «единое информационное поле», общество единомышленников, работающих над совместным проектом, что позволяет значительно снизить издержки для создания нового проекта. Многонаправленный процесс коммуникации, охватывающий всю виртуальную организацию, процессы, имеет ряд важных последствий:

- повышается статус коммуникационных процессов — от простой передачи информации в виде отчетов и до процессов формирования мнений и достижения их единства на основе взаимоуважения и широкого права на обсуждение. В отличие от предприятий индустриальной эры, в которых установлен приоритет сделок, в виртуальных организациях возникает приоритет взаимоотношений;

- коммуникация освобождается от барьеров, таких как границы отделов и служебных инстанций, что отвечает идеалу предприятия без границ.

Организационный статус начинает играть меньшую роль, так как взаимодействие осуществляется не по инстанции, а напрямую.

Работа в виртуальной команде позволяет точно определить долю участия сотрудников в проекте и по результатам распределить прибыль.

К основным недостаткам, которые несет в себе взаимодействие виртуальных сотрудников с помощью ИКТ [4], относятся следующие.

1. Проблема безопасности. Информация, являющаяся важнейшим ресурсом, может быть уничтожена, изменена, несанкционированно использована.

2. Представляется затруднительным формирование организационной культуры. Неформальные правила, разделяемые всеми членами виртуальной организации, могут возникать спонтанно, однако целенаправленное их формирование осложнено отсутствием общения в реальном времени.

3. Трудности при заключении виртуальных договоров и осуществлении оплаты труда через Интернет из-за отсутствия адекватной законодательной и нормативной базы.

ОАО «РЖД» с 2005 г. переходит на концепцию проектного управления, включающую управление инвестиционными проектами. В этой связи приведем адаптированную систему управления виртуальными проектами.

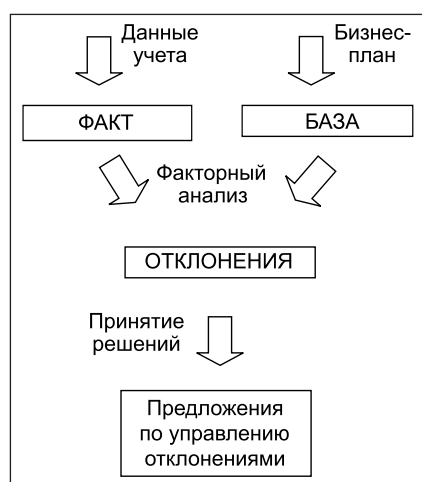


Рис. 3. Проектный мониторинг

Система проведения мониторинга виртуальных проектов на постинвестиционной стадии их жизненного цикла может быть принята следующая (рис. 3). Целями инвестиционного мониторинга являются: контроль соответствия получаемых эффектов ожиданиям; анализ отклонений; выработка корректирующих действий для использования благоприятных возможностей и устранения негативных отклонений; накопление знаний об эффективности инвестиций для использования в оценках новых проектов.

Объектами мониторинга являются виртуальный проект и инвестиционная программа. При проведении мониторинга используются показатели:

- 1) технологические: объем перевозок, провозная способность и др.;
- 2) экономические: выручка, себестоимость и др.;
- 3) инвестиционные: чистый дисконтированный доход (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), индексы доходности (PI) и др.

Создание методологии научного познания виртуального управления требует дальнейшей разработки методов, моделей и технологий предметной области исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верескун В. Д. Имитационная модель информационных процессов в организационных структурах управления / В. Д. Верескун, В. С. Воробьев // Изв. вузов. Строительство. — 2007. — № 8.
2. Паринов С. Третья форма управления для сетевой экономики / С. Паринов // <http://rvles.ieie.nsc.ru/parinov/net-form.htm>.
3. <http://rvles.ieie.nsc.ru/parinov/eco99.htm>.
4. Романова М. В. Виртуальное управление маркетингом услуг / М. В. Романова // <http://www.src-master.ru/articles.php> .html.
5. Воробьев В. С. Формирование логистических систем транспортного строительного комплекса в районах индустриального освоения / В. С. Воробьев. — Новосибирск: СГУПС, 2004. — 323 с.
6. <http://www.cfin.ru/press/management/1999-2/05.shtml>.
7. Верескун В. Д. Учебно-исследовательский лабораторный комплекс «Виртуальная железная дорога» / В. Д. Верескун, Н. Н. Сухорукова, К. В. Барышников и др.: Матер. конф. «ТелекомТранс-2003».

© Верескун В. Д., Воробьев В. С., 2008

Получено 27.12.07

ИНЖЕНЕРНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предложен новый вариант диаграммы равновесного влагосодержания для области отрицательных температур. Путем обобщения имеющихся литературных данных получены аналитические зависимости для коэффициентов удельной теплоемкости, теплопроводности, влажностеплопроводности, термовлажностеплопроводности.

Для инженерной практики и проведения численных расчетов в деревянных ограждающих конструкциях необходимы аналитические зависимости для тепловлажностных характеристик в широком интервале изменения температуры и влажности древесины.

Равновесное влагосодержание. В задачах математического моделирования тепломассопереноса изотермы сорбции и десорбции обычно заменяются изотермами равновесного влагосодержания U_p , поскольку величина гистерезиса ΔU для древесины невелика и составляет в среднем 0,025.

Влагу в интервале изменения влажности воздуха φ от 0 до 0,995 принято называть связанной (сорбционной), а в интервале изменения от 0,995 до 1,0 — свободной (сверхсорбционной) [1]. Значение U_p при $\varphi = 0,995$ получило название предела гигроскопичности U_s .

В области положительных температур в литературе встречается ряд интерполяций для U_p , в частности, используемая в [2] формула Кречетова [3]. Для задач влажностеплопереноса в ограждениях (температура $t = 0 \dots 40^\circ\text{C}$ и $\varphi = 0,45 \dots 0,995$) эта формула может быть линеаризована по температуре:

$$U_p = (0,0729 - 0,00028 t) / (1,22 - \varphi). \quad (1)$$

Для отрицательных температур обычно используют интерполирование из области положительных температур, что некорректно. Величина φ для атмосферного воздуха в этом случае определяется относительно давления насыщенного пара над поверхностью льда, а вода в древесине при отрицательных температурах не всегда превращается в лед.

Изотермы равновесного влагосодержания для области отрицательных температур с учетом указанного обстоятельства могут быть рассчитаны по методике [4]. Формула пересчета по двум изотермам t_1, t_2 из области положительных температур в область $t < 0^\circ\text{C}$ имеет вид

$$\ln\left(\frac{\varphi}{\varphi_1}\right) = -\frac{\gamma_{пл}t}{273R(273+t)} - \frac{(273+t_2)(t_1-t)}{(273+t)(t_1-t_2)} \ln\left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\right), \quad (2)$$

где $\gamma_{пл} = 335 \text{ кДж/кг}$ — удельная теплота плавления льда;

$\varphi, \varphi_1, \varphi_2$ — значения относительной влажности воздуха, соответствующие фиксированному влагосодержанию U_p при температурах t, t_1, t_2 ;

$R = 0,462 \text{ кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ — газовая постоянная водяного пара.

Здесь и далее t подставляется со своим знаком.

На рис. 1 значками приведены результаты пересчета по формуле (2), а сплошными линиями дана их интерполяция формулой:

$$\varphi = 1,22 - 0,0729 / U_p - 0,041 U_p t. \quad (3)$$

Поведение равновесной влажности существенно меняется при смене знака температур. Формула (3) является хорошим приближением для практически значимой области при отрицательных температурах $\varphi > 0,6$.

Для положительных температур из (1) при $\varphi = 0,995$ получаем формулу, связывающую предел гигроскопичности и температуру:

$$t = 803,6 (0,324 - U_s). \quad (4)$$

Зависимость (4) представлена на рис. 2 линией ОС.

Для области отрицательных температур из (3) при $\varphi = 0,995$ получаем формулу, связывающую предел гигроскопичности и температуру:

$$t = 5,488 (U_s - 0,324) / U_s^2. \quad (5)$$

Зависимость (5) представлена на рис. 2 линией АО.

Температура замерзания воды. Формулу (5) можно рассматривать как зависимость, определяющую температуру начала замерзания воды при фиксированной влажности, или как зависимость, определяющую количество не замерзшей влаги в древесине при фиксированной температуре. На рис. 2 значками приведены расчетные точки по температуре замерзания [4] и по количеству влаги в жидком состоянии [5].

На плоскости $U-t$ рис. 2 можно выделить три характерные области.

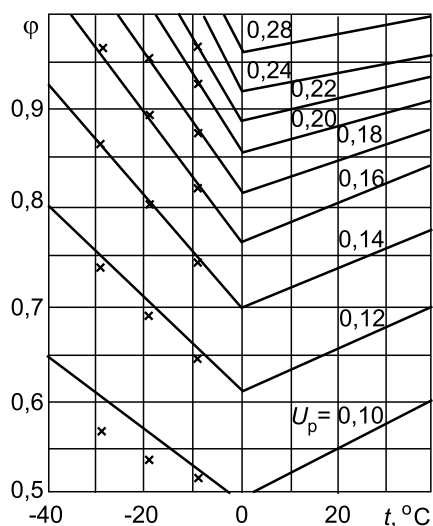


Рис. 1. Диаграмма равновесного влаго-содержания U_p
расчетные точки; — линейная интерполяция

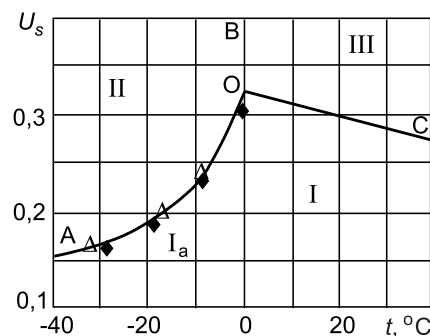


Рис. 2. Диаграмма предела гигроскопичности U_s
 Δ [4]; \circ [5]

Области I, I_a , расположенные ниже линии АОС. В древесине содержится только связанная влага в виде жидкой пленочной и микрокапиллярной влаги, а также частично в виде пара в пустотах.

Область II, расположенная левее линии АОВ. В древесине содержится связанная влага в жидком состоянии в количестве U_s и свободная влага в количестве $U - U_s$ в виде льда и насыщенного пара в пустотах.

Область III, расположенная правее линии ВОС. В древесине содержится связанная влага в количестве U_s и свободная влага в количестве $U - U_s$ в жидком виде и в виде насыщенного пара в пустотах.

В области состояния выше линии АОС (см. рис. 2) влагосодержание древесины меняется от U_s до максимального значения U_{\max} . Эта область не поддается экспериментальному исследованию, поэтому для U_p используют интерполяцию [1, 6]. В работе [1] использована линейная интерполяция вида

$$U_p = U_s + 200(U_{\max} - U_s)(\varphi - 0,995). \quad (6)$$

Величина U_{\max} , в отличие от U_s , не зависит от температуры, но зависит от породы древесины, места расположения в стволе дерева и др. На-

пример, для ядровой древесины сосны $U_{\max} = 0,35$, для заболонной части $U_{\max} = 1,15$.

Теплоемкость, теплопроводность. Удельная теплоемкость древесины c , кДж/(кг·°C) зависит от влагосодержания и температуры, коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C) зависит от породы древесины и направления теплового потока относительно волокон. Величину λ обычно представляют в виде [1, 3, 5]

$$\lambda = \lambda_{\text{ном}} K K_x, \quad (7)$$

где $\lambda_{\text{ном}}$ — коэффициент теплопроводности березы в радиальном направлении;

K — поправка на породу;

K_x — поправка на направление [см. 1, 5].

Величины c и $\lambda_{\text{ном}}$ в [1, 3, 5] и др. приведены в виде диаграмм, что неудобно для задач численного моделирования.

В результате обработки этих диаграмм получены следующие формулы: для областей I, I_a, III

$$c = (1,55 + 4,2U)/(1 + 0,8U) + 0,005t, \\ \lambda_{\text{ном}} = 0,172 + 0,26U + 0,0022Ut; \quad (8)$$

для области II

$$c = 2,2 + 0,25U + 0,018t, \\ \lambda_{\text{ном}} = 0,143 + 0,35U - 0,00042t. \quad (9)$$

На линии замерзания воды АОВ (см. рис. 2) зависимости c и λ имеют разрыв.

Влагопроводность древесины. Поток влаги в древесине j принято записывать в виде, кг/(м²·с) [1, 4, 5]

$$j = - \rho_0 a' (-U + \nabla T), \quad (10)$$

где ρ_0 — плотность абсолютно сухой древесины, кг/м³;

a' — коэффициент влагопроводности древесины, м²/с;

∇T — термоградиентный коэффициент, 1/°C.

Поскольку коэффициенты формулы (10) определяются экспериментально [1, 5], их следует рассматривать как интегральные, учитывающие перенос жидкой влаги и диффузию пара. Перенос связанной влаги в древесине [7] сопровождается многократным ее испарением и конденсацией. Движение свободной влаги при положительной температуре определяется капиллярными силами. При отрицательных температурах свободная влага находится в состоянии льда и участвует во влагопереносе за счет сублимации.

В области I (см. рис. 2), где присутствует лишь связанная влага, диаграммы коэффициента влагопроводности в тангенциальном направлении удобно интерполировать в виде [1, 5]

$$a'_\theta = a_1 (1 + t/273)^{10}, \quad (11)$$

где a_1 — коэффициент для определенной породы древесины при $t = 0^\circ\text{C}$ (например, для сосны $a_1 = 1,23 \cdot 10^{-10}$ м²/с; лиственницы $a_1 = 0,48 \cdot 10^{-10}$ м²/с).

В радиальном направлении $a'_r = 1,25 a'_\theta$, вдоль волокон $a'_z = 20 - 25 a'_\theta$.

Численное моделирование процесса сушки древесины, выполненное в [1], показало (см. рис. 2), что и для области III, где имеется свободная влага, использование величины a' из области I дает удовлетворительные результаты.

Для области I_a состояние связанной влаги не отличается от ее состояния при положительных температурах. Косвенно это подтверждается поведением тепловых свойств древесины. Следовательно, и в этой области для величины a' следует применять формулу (11).

Для области II, где свободная влага находится в состоянии льда, обработка данных [1] позволила записать коэффициент a' в виде

$$a'_\theta = a_{II} (1 + t/273)^{29}, \quad (12)$$

где a_{II} — коэффициент для определенной породы древесины (например, для сосны $a_{II} = 0,194 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$, лиственницы $a_{II} = 0,064 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$).

Величина a'_θ также имеет разрыв на линии замерзания воды.

Следует заметить, что, в отличие от вышеприведенных рекомендаций, аналог формулы (12) в [1] рекомендован для всей области отрицательных температур (области I_a , II, рис. 2).

Для интерполирования диаграмм термогradientного коэффициента древесины в области положительных температур предлагается формула вида [1, 5]

$$' = (0,08 - 0,0004t) \sin^2(U(0,8 + 0,003t)), \quad (13)$$

при этом зависимостью от t при $U < U_s$ можно пренебречь.

Для отрицательных температур данные для $'$ в литературе отсутствуют. Но при $t < 0^\circ\text{C}$ влагосодержание ограждений, как правило, невелико, поэтому можно рекомендовать формулу (13) и в этом случае.

Вывод. Предлагаемые зависимости позволяют более адекватно оценивать и прогнозировать состояние и защитные свойства деревянных ограждающих конструкций в процессе их эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шубин Г. С. Сушка и тепловая обработка древесины/Г. С. Шубин.— М.: Лесная промышленность, 1990.— 336 с.
2. Жуков А. В. Математическое моделирование тепло- и массопереноса в наружных деревянных ограждающих конструкциях/А. В. Жуков, А. Я. Кузин, Т. А. Мирошников и др./Изв. вузов Строительство.— 2007.— № 1.— С. 8-15.
3. Кречетов И. В. Сушка древесины/И. В. Кречетов.— М.: Лесная пром-сть, 1980.— 432 с.
4. Тимошенко А. Т. Ограждающие конструкции зданий с влажным режимом эксплуатации в экстремальных условиях Крайнего Севера/А. Т. Тимошенко, С. С. Ефимов, Г. Г. Попов.— Якутск: ЯНЦО РАН, 1996.— 200 с.
5. Серговский П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины/П. С. Серговский, А. И. Расев.— М.: Лесная промышленность, 1987.— 360 с.
6. Перехоженцев А. Г. Вопросы теории и расчета влажного состояния неоднородных участков ограждающих конструкций зданий/А. Г. Перехоженцев.— Волгоград: ВолгГАСА, 1997.— 273 с.
7. Пятакин В. И. Техническая гидродинамика древесины/В. И. Пятакин, Ю. Г. Тишин, С. М. Базаров.— М.: Лесная промышленность, 1990.— 304 с.

© Жуков А. В., 2008

Получено после доработки 09.10.07

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ И АРХИТЕКТУРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ ВЕДОМСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Рассматриваются учебные заведения одного из российских ведомств, которое занималось строительством путей сообщения и публичных зданий. Первое учебное заведение ведомства — Институт корпуса инженеров путей сообщений был образован в 1810 г., сыгравший важную роль в становлении и развитии российского инженерно-строительного образования. На базе этой школы начала формироваться архитектурно-инженерная школа нового типа.

Реформы Петра I первой четверти XVIII в. заложили прочные основы профессиональной системы образования в Российской империи и дали мощный импульс ее развитию в последующие столетия. Особое место в образовании уделялось подготовке инженеров. Еще в петровское время обучение инженерным наукам предусматривало особое поощрение учащихся (употреблялись всякого рода поощрения и награды), а служившие «в инженерах» получали жалования больше «противу армии» [1]. С начала XVIII в. образование становится делом государственным, а в XIX в. закладываются основы российской высшей технической школы. Звание инженера присваивалось выпускникам высших технических учебных заведений, которых в России к этому времени было уже несколько. В 1773 г. в С.-Петербурге открывается горное училище (позже Горный кадетский корпус и Институт корпуса горных инженеров (1833), в 1803 г. — Лесное училище (позже институт) и в 1809 г. — Институт корпуса инженеров путей сообщения (позже Институт гражданских инженеров и Институт путей сообщения), С.-Петербургский технологический институт (1828), Московское высшее техническое училище (1830) [2]. Одно из этих учебных заведений — Институт корпуса инженеров путей сообщения сыграл важную роль в становлении и развитии инженерно-строительного образования в России.

Создание высшей школы путей сообщения явилось чрезвычайно важным событием в российском инженерном образовании и науке. Она была образована в ноябре 1809 г. совместно с новым объединенным ведомством Управления водяными и сухопутными сообщениями. Новая государственная структура в августе 1810 г. была переименована в Главное управление путей сообщения (ГУПС).

Обоснование учреждения в России высшей инженерной школы по транспортным коммуникациям было сделано в начале XIX в. графом Н. П. Румянцевым. Он предложил создать высшую инженерную школу по типу Политехнической школы во Франции, которая бы могла готовить инженеров, способных возглавить строительство дорог и мостов, речных и морских портов, гражданских и транспортных сооружений [3]. В Англию и Францию отправляют специалистов для учебы; через дипломатические каналы в Россию приглашают ученых и инженеров для проектирования и строительства шоссейных дорог, мостов, обводных каналов, каменных устоев и других технических сооружений. В Управлении создается первая в России транспортная библиотека, а также модельный кабинет, в котором экспонировались копии инженерных сооружений и механизмов.

Одновременно был также учрежден Корпус инженеров путей сообщения — воинская инженерная команда, которая формировалась из офицерского состава квалифицированных специалистов. В 1810 г. французское правительство по просьбе императора Александра I отправило в инженерный корпус на российскую службу четырех инженеров путей сообщения. Все они были выпускниками Политехнической школы Франции: П. П. Базен, К. И. Потье, М. Г. Дестрем и А. Я. Фабр.

Первоначально институт был назван так же, как и ведомство, — Институт инженеров водяных и сухопутных сообщений и переименован одновременно с ним в 1810 г. в Институт корпуса инженеров путей сообщения (ИКИПС). Новая ведомственная школа стала основой высшего инженерно-строительного образования и транспортной науки в отечественной истории.

Формирование нового учебного заведения было поручено опытному инженеру-механику, строителю испанцу Августину Бетанкуру.

А. А. Бетанкур составил записку к проекту нового образовательного технического учреждения и представил ее императору. В документе он четко определил цель нового института: «...снабдить Россию инженерами, которые прямо по выходе из него могли быть назначаемы к производству всяких работ в Империи» [4].

При организации института А. А. Бетанкур использовал лучшие образовательные инженерные программы европейской системы технического образования, с которыми был хорошо знаком (французская Школа мостов и дорог Ж.-Р. Перроне, Парижская политехническая школа Г. Монжа), и собственные наработки по Мадридской школе дорог и каналов. В результате институт уже в первые годы своего существования становится престижным учебным заведением. Здесь обучались представители самых знатных дворянских фамилий, сыновья иностранных подданных.

Первоначально в институте работало всего семь профессоров, среди которых четверо французов были профессорами по математике, два профессора занимались рисунком и архитектурой и один преподавал гидрографию рек и статистику. В 1820 г. в институт вновь были приглашены французы — молодые инженеры, выпускники французской Политехнической школы и Школы мостов и дорог. Совместно со своими соотечественниками, прибывшими на десятилетие ранее, они составили базовый профессорский состав ИКИПС. Наиболее одаренные выпускники института А. Д. Готман (выпускник 1813 г.), А. И. Рокасовский (1814 г.), Я. А. Севастьянов (1814 г.), Ф. И. Рерберг (1819 г.), Н. О. Крафт (1820 г.), П. П. Мельников (1825 г.), М. С. Волков (1826 г.) и др. оставались на кафедрах преподавателями и становились первыми русскими профессорами.

В декабре 1823 г. институт был преобразован в учебное заведение по образцу военных кадетских корпусов, а в учебные планы были включены военные дисциплины и фронтовое обучение. Закончившим полный курс наук присваивалось воинское обер-офицерское звание подпоручик. Институт не имел факультетов и готовил инженеров широкого профиля по проектированию, строительству и эксплуатации всех дорожных и гидротехнических сооружений. Обучение во всех отделениях института сначала велось на французском языке и лишь в 1830-х гг. преподавание было полностью переведено на русский язык.

При институте в 1820 г. открывается Военно-строительная школа (позже училище) путей сообщения. Школа имела сокращенный срок обучения (три года) и выпускала слушателей с младшим обер-офицерским званием — прапорщик. Офицеры, закончившие полный курс наук, впоследствии поступали в Корпус инженеров путей сообщения, а выпускники Военно-строительной школы — в Строительный отряд путей сообщения, который был образован в 1819 г. Военно-строительная школа, по

существо, готовила состав младших специалистов для ведомства путей сообщения, руководителей военно-рабочих строительных бригад. В 1829 г. школа была присоединена к ИКИПС и стала училищем.

В 1820 г. по инициативе А. А. Бетанкура была открыта также Школа кондукторов путей сообщения (позже кондукторское училище). В школе готовили чертежников, «второстепенных техников для инженерной службы». Открытие школ среднего звена в первом инженерном вузе Военно-строительной школы и Школы кондукторов положило начало государственной системе специального среднетехнического образования в России, сложившейся только в конце XIX в.

При первом директоре института были сформированы основные фонды учебной и научной литературы, образована библиотека, которая была открыта уже в 1810 г. В первоначальный фонд библиотеки вошли специальная литература Департамента водяных коммуникаций и книги по строительному искусству, закупленные во Франции и собранные Н. П. Румянцевым. Первый ректор способствовал созданию парка действующих инструментов и моделей — макетов подъемных механизмов (кабестанов, лебедок), мостовых ферм, строительных конструкций, использовавшихся в учебном процессе.

А. А. Бетанкур начал издание первых учебников и учебных пособий на французском и русском языках. В 1816 г. проф. К. И. Потье издал первый в России учебник по начертательной геометрии на французском языке, а в 1821 г. увидел свет первый отечественный учебник по этой дисциплине на русском языке. Его автор проф. Я. А. Севастьянов по праву считается основоположником отечественной начертательной геометрии.

По предложению А. А. Бетанкура издавались отдельные сочинения по разным отраслям строительного искусства и для руководства строителей печатались образцовые чертежи разных категорий сооружений. «Чертежи деревянным мостам, для устройства по большим дорогам в России, с присовокуплением таковых же и ледорезам; сочинено при главном управлении путей сообщения» были изданы в 1816 г. С 1824 г. на русском и французском языках начал выходить «Журнал Министерства путей сообщения», редактором которого был инженер М. Г. Дестрем и др.

Строительное дело преподавалось сначала в виде прикладной математики, а с осени 1815 г. как самостоятельный предмет, который назывался «курсом построений». Он содержал разделы: строительные материалы, производство работ, шоссейные дороги, мосты, гидротехнические сооружения. В 1826 г. его дополнили разделом строительной механики. Помимо этих дисциплин, слушатели изучали также «архитектуру» и «рисовальное искусство». Первым профессором по архитектуре и рисованию был назначен проф. Академии художеств итальянец Д. Тромбара. В 1811–1812 гг. в институте работал архитектор Ж. Тома де Томон, а в 1813 г. его заменил молодой выпускник А. Д. Готман. С 1823 по 1838 г. дисциплины по архитектуре преподавал проф. П. П. Жако, выпускник парижской Школы изящных искусств. С 1838 г. преподавание архитектуры было возложено на инженер-капитанов Лаврова и Сивкова.

В 1831 г. также молодой выпускник института М. С. Волков был утвержден профессором по «курсу построений», заведующим кафедрой. В 1835 г. он ввел в дисциплину новый раздел: «О построении железных дорог со всеми сделанными усовершенствованиями». С этого времени институт стал готовить инженеров и для строительства железных дорог.

К сентябрю 1832 г. в ведомстве были подготовлены реорганизационные мероприятия, значительно реформировавшие государственное руководство строительной деятельностью в России. Функции гражданского строительства были переданы из Министерства внутренних дел в «путейное» ведомство — Главное управление путей сообщения. Новая государ-

ственная структура стала именоваться Главным управлением путей сообщения и публичных зданий (ПС и ПЗ). При Департаменте путей сообщения было открыто новое отделение, отвечающее за строительную часть гражданского губернского ведомства. Это отделение приняло на себя функции Строительного комитета Министерства внутренних дел.

Одна из главных задач реорганизационных мероприятий ведомства — подготовка квалифицированных специалистов. Были необходимы кадры, обладающие навыками инженерно-строительного дела, способные одновременно решать и архитектурные вопросы. Для этого при Академии художеств в августе 1830 г. было образовано Архитекторское училище, которое впоследствии содержало до 50 воспитанников. Его выпускники могли работать архитекторами и их помощниками при губернских и областных строительных комиссиях. Срок обучения составлял 6 лет и делился на подготовительный и аналитический курсы. Первую часть курировал инспектор училища, вторую — Совет Академии художеств. Первый выпуск училища состоялся в 1836 г. и новоиспеченные архитектурские помощники были направлены в строительные комиссии по губерниям.

В апреле 1832 г., за пять месяцев до начала преобразований ведомства, в нем учреждается новое самостоятельное учебное заведение для подготовки специалистов гражданского профиля, которое именуется Училищем гражданских инженеров.

По распоряжению главноуправляющего герцога А. Ф. Вюртембергского ректором ИКИПС П. П. Базеном и преподавателями М. С. Волковым и П. П. Мельниковым были разработаны учебные планы для нового учебного заведения. В учебную программу нового училища, во многом повторяющую программу подготовки инженеров путей сообщения, были включены специальные дисциплины, расширяющие архитектурные познания. Помимо общеобразовательных предметов воспитанники изучали прикладную механику, статику, строительное дело, проектирование и составление смет, начертательную геометрию, теорию теней и перспективу, архитектуру, рисование и черчение. Занятия в училище велись на русском языке.

Училище гражданских инженеров было закрытым учебным заведением с пансионом для постоянного проживания. Оно было рассчитано на единовременное содержание 100 воспитанников. Училище содержалось на средства, предоставляемые губернскими земствами. Все губернии России выплачивали специальный налог («по грошу с десятины») и имели право отправлять на учебу двух воспитанников ежегодно [5]. В училище принимались юноши (дети дворян и обер-офицеров) в возрасте 13–16 лет. Обучение длилось четыре года. Первые три года велись теоретические занятия, последний год предназначался для приобретения практических навыков. За первые десять лет в училище было принято 264 воспитанника. Из них выпущено было чуть больше четверти состава — 69 человек [6]. Выпускники поступали на действительную государственную службу в качестве дорожных и строительных техников гражданскими инженерами, занимаясь сооружением производственных, хозяйственных зданий, гидротехническим и дорожным строительством.

В 1836 г. директором ИКИПС назначается лучший воспитанник в первом выпуске, корпусный инженер путей сообщения А. Д. Готман. Ему удалось сформировать коллектив профессоров, поднявших высшее техническое образование в России на европейский уровень того времени — это профессора М. В. Остроградский, В. Я. Буняковский, Д. С. Чижов, М. С. Волков, В. П. Соболевский, П. П. Мельников, С. В. Кербедз, В. Д. Евреинов, А. Г. Добронравов, Н. Ф. Ястржембский и др. Новый директор ввел преподавание курса военных сообщений (с 1843 г.). При нем активно издавались литографированные курсы лекций по гидрографии,

минералогии, геологии, всеобщей и русской истории, статистике, теоретической механике и др. В 1835–1836 гг. был издан коллективный научный труд «Чертежи по части строительного искусства», составленный профессорами института В. Д. Евреиновым, С. В. Кербедзом, И. Ф. Бутацом, Н. Ф. Ястржембским, В. А. Данненштерном и др. Помимо собрания чертежей издание содержало материалы по техническому описанию разделов.

А. Д. Готман также учредил ежегодные командировки профессоров института в Европу и США, что способствовало росту их квалификации и благотворно влияло на подготовку инженеров. Благодаря этому решению Конференция института в 1837 г. командировала П. П. Мельникова и С. В. Кербедза в Англию, Францию, Германию, Бельгию и Австрию для изучения железных дорог как нового вида транспорта. В 1839–1840 гг. П. П. Мельников и Н. О. Крафт изучили организацию железных дорог в США, что помогло отстоять в научных и инженерных кругах России выгодность и перспективность железнодорожного транспорта.

В 1842 г. руководство Главным управлением ПС и ПЗ было поручено графу П. А. Клейнмихелю. Новый главноуправляющий был человеком военным, но в достаточной степени знал инженерно-строительное дело, умел руководить им. Одним из важных действий главноуправляющего было образование нового учебного заведения — Строительного училища. Оно образовывалось путем объединения двух учебных заведений — Училища гражданских инженеров и Архитекторского училища.

В это же время заменяется директор ИКИПСа и вместо либерала генерал-лейтенанта А. Д. Готмана назначается известный своей дисциплинарной жесткостью генерал-майор В. Ф. Энгельгардт. Новый директор, управлявший институтом с 1843 по 1855 г., коренным образом изменил организацию вуза, внедрив там армейские порядки. «Генерал Энгельгардт ввел в Институте наказание розгами, чуть ли не за всякий мало-важный проступок, что и практиковалось во все время его директорства», — так характеризовал нового директора воспитанник Строительного училища того времени А. М. Достоевский (младший брат Ф. М. Достоевского) [7]. В 1848 г. при институте специальным указом императора был образован особый Учебный комитет Главного управления ПС и ПЗ, в обязанности которого входило «умственное образование и наблюдение» за учебными заведениями ведомства (сюда входили Институт корпуса инженеров, Строительное училище, Школа кантонистов путей сообщения и Школа телеграфических сигнальщиков). Комитет строго следил за введением и соблюдением новых порядков в учебном процессе и достаточно жестко отслеживал соблюдение учебной и воинской дисциплины, требовательно отслеживал деятельность всех преподавателей и ученых.

Помимо дисциплинарных изменений, под руководством В. Ф. Энгельгардта были проведены преобразования учебной части. По положению института 1844 г. в число абитуриентов допускались только потомственные дворяне и дети обер-офицеров. Их возраст для поступления был снижен до 11–13 лет (в порядке исключения позволялось принимать воспитанников до 16 лет). Образование при этом длилось 8 лет и делилось на общеобразовательное (4 класса), специально-теоретическое (3 класса) и практическое (1 класс). Причем специальные и математические науки преподавались по конспектам и программам, составленным особо утвержденной Конференцией института, рассмотренным в Учебном комитете и утвержденным Главноуправляющим ПС и ПЗ. Нововведения в учебном процессе отрицательно сказались на общей успеваемости воспитанников. Не все из них были способны продолжать учебу в специально-теоретических классах, поэтому выпуск специалистов уменьшился. Кроме того,

учет сословия при приеме также лишал институт и училище многих способных учащихся.

Больше внимания в учебном процессе в этот период стало уделяться практическим занятиям и летним практикам. Была организована летняя практика старшего класса: воспитанники направлялись в распоряжение производителей различных работ, где они проверяли теорию в деле и знакомились с порядком службы. Воспитанники младших классов под руководством преподавателей занимались осмотром и описанием интересных инженерных сооружений и работ в части архитектуры, путей сообщения, гидротехнических устройств, знакомились с механическими заводами, где наблюдали за технологией производства, рисовали с натуры машины и их части. Воспитанники по-прежнему проходили практику по геодезической съемке, нивелированию и другим изысканиям. Важным событием в это время было издание литографированных учебных курсов. Были опубликованы курсы гражданской архитектуры (проф. А. К. Красовский, препод. Строительного училища) и геодезии (проф. П. Н. Андреев). В 1845 г. в институте была введена должность наставника — наблюдателя за преподаванием иностранных языков (преподавались русский, французский, немецкий языки).

Образованное в период правления В. Ф. Энгельгардта Строительное училище было сформировано под шестилетнюю программу обучения и имело некоторую специфику, отличающую обучение в училище от образовательной программы института. Учебный процесс в Строительном училище в первое десятилетие деятельности подробно описан в воспоминаниях А. М. Достоевского. Он учился в училище с 1842 по 1848 г. и детально обрисовал годы учебы. Училище имело собственное здание, своего директора, его помощника, инспектора классов (учебная часть), ротного командира и ротных офицеров (военная часть). Воспитанники 150 человек, составлявшие роту (100 воспитанников Училища гражданских инженеров и 50 воспитанников Архитекторского училища), обучались в течение шести лет (практиковалось повторное обучение на курсе, если не были сданы какие-либо из годовых экзаменов) и подразделялись на младшие (кадетские) классы и старшие (офицерские) классы. Младшие классы занимали четыре года обучения (VI–III классы), старшие ограничивались двумя годами (II–I классы). В течение всего обучения воспитанники занимались строевой подготовкой («маршировкой») и гимнастическими занятиями.

Первые два года проводилась общая подготовка (VI и V классы). Она включала изучение математики, трех языков (русский, французский, немецкий), географии, истории, закона Божьего, рисования и каллиграфии (на втором году обучения каллиграфия исключалась). С третьего года обучения, когда воспитанникам присваивалось воинское звание ефрейтор, начиналось обучение специальным дисциплинам. Преподавались аналитическая геометрия, статика, геодезия, начертательная геометрия, физика. Изучение архитектуры начиналось на этом же курсе и ограничивалось знакомством с классическими ордерными формами («черчение ордеров»), на следующих курсах давалась история и теория архитектуры. Курс читал молодой профессор кап. А. К. Красовский — автор первого учебника «Гражданская архитектура» (1851 г.).

В последнем кадетском классе (III класс, четвертый год обучения) добавлялся еще ряд специальных дисциплин: строительное искусство (курс построений), практическая механика, химия, минералогия и география. Продолжалась также архитектурная подготовка с графическими упражнениями и основами архитектурного проектирования. Перед офицерскими классами проводилась летняя практика. Она состояла из практических занятий «по нивелировке» на специальном полигоне (геодезическая

практика) и включала в себя ознакомительную и, вероятно, обмерную составляющую, поскольку воспитанники занимались «осмотром различных фабрик и заводов».

Офицерские классы (5–6 годы обучения, II и I классы) завершали обучение. Здесь читались новые лекционные курсы по истории изящных искусств («с включением мифологии и археологии»), по законоведению и технической отчетности. Практические занятия предполагали как составление архитектурных проектов (здесь первое время преподавал профессор Академии художеств И. И. Гальберг — «архитектор, много строивший на своем веку»), так и проектов «строительных машин». Летняя практика воспитанников предусматривала работу под руководством наставников — практикующих архитекторов. Практика проводилась на стройках С.-Петербурга и его окрестностей. После окончания практики составлялись и сдавались «отчетные чертежи по летним практическим занятиям». Последний год обучения был посвящен подготовке к выпускным экзаменам и «составлению различных проектов» к ним. Экзамены сдавались в течение месяца по всем дисциплинам, которые читались в училище. Воспитанники, успешно сдавшие экзамены, производились «в чины» (губернские секретари). Приказом по Главному управлению ПС и ПЗ выпускники назначались на службу в центральные департаменты, округа путей сообщения и губернские строительные комиссии.

В декабре 1851 г. Строительное училище было переведено в первый разряд учебных заведений Российской империи. По структуре и программе оно приравнивалось к действующим институтам и университетам.

С приходом к власти нового российского императора Александра II (февраль 1855 г.) сменился практически весь личный состав министерств. В частности, в октябре 1855 г. на пост главноуправляющего ПС и ПЗ был назначен генерал-лейтенант в звании сенатора, член Военного совета К.В. Чевкин. Как глава ведомства генерал за годы своего руководства развил активную деятельность по строительству новых железнодорожных путей сообщений, что, как отмечали обозреватели, «... вызвало игнорирование устройства шоссейных дорог и водных путей» [8]. С именем этого генерала связаны «революционные» законы: «Несчитание впредь обязательным изложенного в Уставе строительном правила, по коему строения должны иметь по фасаду нечетное число окон» (1856 г.); «Предоставление строительным и дорожным комиссиям права разрешать частные постройки, коих фасады отступают от образцовых чертежей» (1858 г.).

В 1859 г. возраст для приема в институт и училище был вновь повышен. Воспитанников теперь брали с 14-летнего возраста (в Строительном училище с 1857 г. — с 16 лет), но с обязательным гимназическим образованием. Их обучение начиналось сразу со специальной подготовки, поскольку классы общей подготовки были упразднены. Доступ в учебное заведение с 1856 г. получили не только дворяне, но и представители других сословий. В 1859 г. для Строительного училища было утверждено новое положение «о возведении в звание инженер-архитектора». Оно касалось лучших выпускников, которые по особому испытанию показали отличные знания в строительном искусстве, примененном к путям сообщения, городским и общественным сооружениям. В 1861 г. утверждено положение об экстернах Строительного училища (в ИКИПС введено с 1856 г.). В направлении либерализации жизни учебных заведений ведомства развивались и другие шаги. В 1862 г. были отменены занятия по обучению «ружейным приемам», ликвидировано телесное наказание. С 1861 г. воспитанники старших классов могли жить на арендуемых или собственных квартирах и ежедневно отлучаться из учебного заведения в свободное от занятий время.

В 1862 г. главноуправляющим ведомством был назначен выпускник института 1825 г., профессор, проектировщик и активный участник строительства Петербургско-Московской железной дороги, ген.-лейт. П. П. Мельников. Строительство железных дорог в России, начавшееся в пореформенное время, активно набирало темпы во второй половине XIX в. В конце 1850-х — начале 1860-х гг. уже остро ощущалось «большое усложнение» Главного управления ПС и ПЗ, необходимость его реформирования и выделения из его состава функций «чуждых его главному назначению» и требующих самостоятельного администрирования. С 1857 г. начинается постепенное сокращение учреждений, находящихся в ведомстве путей сообщения. Наряду с прочими, из ведомства были выведены арестантские роты (1863 г.), телеграфная часть (1865 г.), в октябре 1864 г. гражданская строительная часть возвращена в Министерство внутренних дел. В июне 1865 г. Главное управление ПС и ПЗ было реформировано в Министерство путей сообщения.

Еще в 1864 г. ведомство путей сообщения получило гражданское устройство, гражданскими стали и учебные заведения. Они были реформированы в специальные открытые учебные заведения с одними лишь высшими курсами и с пятилетним сроком обучения. В 1865 г. Строительное училище перешло в ведомство внутренних дел. Институт корпуса инженеров путей сообщения был переименован в Институт инженеров путей сообщения, а Строительное училище в 1882 г. в Институт гражданских инженеров.

Инженерно-строительное образование в ИКИПС заложило прочные основы будущей российской инженерно-строительной школы. На базе этой школы начала формироваться архитектурно-инженерная школа нового типа, которая развивалась и складывалась на базе Училища гражданских инженеров (1832–1842 гг.) и Строительного училища (1842–1865 гг.). Ведомство путей сообщения с его учебными заведениями и корпусом инженеров позволило сформироваться архитектурно-строительной школе гражданских инженеров, отличной от архитектурной школы Академии художеств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ласковский Ф. Ф. Материалы для истории инженерного искусства в России. — Ч. 2/Ф. Ф. Ласковский. — СПб., 1861. — 67 с.
2. Высшее образование в России: Очерк истории до 1917 года. — М.: НИИВО, 1995.
3. Боголюбов А. Н. Гаспар Монж/А. Н. Боголюбов. — М., 1978.
4. Боголюбов А. Н. Августин Августинович Бетанкур: 1758–1824/А. Н. Боголюбов. — М., 1969. — 64 с.
5. Алексеев Г. И. Деятельность института до Великой Октябрьской социалистической революции (1832–1917)/Г. И. Алексеев, В. И. Пилявский// Ленинград. ИСИ (1832–1932). — Л., 1982. — С. 10–12.
6. Бадялов А. В. Архитектурное творчество гражданских инженеров в Петербурге второй половины XIX — начала XX веков: Автореф. дис. ... канд. архит. — Л., 1986. — 8 с.
7. Достоевский А. М. Воспоминания/А. М. Достоевский. — СПб.: «Андреев и С-я», 1992. — 152 с.
8. Чевкин Константин Владимирович//Русский биографический словарь: В 25 т./Сост. А. А. Половцов. — М., 1896–1918. — Т. 26. — 105 с.

© Залесов В. Г., 2008

Получено 24.12.07

С. И. МАЦИЙ, канд. техн. наук, доц., Д. В. ПЛЕШАКОВ, асп. (Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар)

НОВЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СТЕПЕНИ ОПОЛЗНЕВОГО РИСКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Рассмотрено два различных метода оценки оползневого риска. Расчеты проводились в рамках проекта магистрального трубопровода «Сахалин-2», а также в ходе разработки инженерной защиты резервуарного парка в районе пос. Волна Краснодарского края. По результатам исследований в кратчайшие сроки и при отсутствии инженерно-геологических данных был установлен уровень оползневой опасности и разработана стратегия управления риском.

Для оценки риска в настоящее время используются качественные, полуколичественные и количественные подходы [1]. Качественная и полуколичественная оценка риска, как правило, основывается на суждении, а также квалификации и опыте специалистов и применяется в условиях недостатка данных инженерно-геологических изысканий. Для количественного определения опасности требуется соответственно количественная оценка факторов, способствующих возникновению риска [2]. Во избежание разногласий в принятии решений необходимо разработать более строгие, установленные нормами методы по оценке и политике управления оползневыми рисками.

Процесс управления риском представляет собой постоянный контроль уровня риска на основе долговременного мониторинга за безопасностью удерживающего противооползневого сооружения.

В некоторых случаях абсолютные количественные показатели риска менее важны, чем относительные [3]. К таким случаям можно отнести мероприятия по планированию и определению приоритетности работ на стадиях разработки ТЭО-проектов, а также при обосновании инвестиций.

Следует отметить отсутствие единой более или менее разработанной методики интерпретации риска в настоящее время. В тех немногих странах, где началось применение вероятностного подхода к оценке безопасности, она реализуется по-разному.

Главная проблема интерпретации риска заключается в выборе критериев его применимости [4]. В геотехническом строительстве в настоящее время намечаются два типа критериев: 1) нормативно-допустимые; 2) приемлемые, т. е. добровольно принимаемые всеми лицами и организациями, которые подвергаются той или иной потенциальной опасности от возможной аварии сооружения.

Сравнение вычисленного риска с принятыми критериями завершается выбором конечного проектного решения: утверждением вычисленного риска или принятием организационных или технических мероприятий по снижению риска.

Концепция допустимого риска является прогрессивным методологическим решением, способствующим повышению точности оценки уровня безопасности в условиях невозможности абсолютно полного изучения природных условий и полного искоренения техногенного фактора.

Метод зонирования территорий по системе балльных характеристик. Метод зонирования территорий по системе балльных характеристик позволяет провести качественный анализ уровня риска, установить приоритетный порядок при проектировании сооружений или при обосновании и выполнении укрепительных мероприятий. Конечный результат этого анализа заключается в определении интегрального показателя

теля риска, который подсчитывается с использованием личного опыта и накопленных знаний.

К недостаткам данного метода можно отнести грубую характеристику основных факторов и отсутствие взвешивающих коэффициентов, а также недоучет нередко сложного многоэтапного сценария процессов взаимодействия сооружений с геологической средой. Подход не позволяет объективно оценить инженерно-геологические факторы.

В качестве предмета исследования на стадии разработки ТЭО-проекта был выбран объект строительства сооружений инженерной защиты в районе пос. Волна Краснодарского края. Площадка строительства расположена в юго-восточной части края, между ст. Тамань и пос. Волна. Защищаемые объекты являются отдельными компонентами комплекса сооружений, предназначенного для экспорта сжиженного аммиака, углеводородов, зерна и других товаров через Черное море [5].

Непосредственно вблизи откосов расположены:

- емкости для хранения зерна (элеватор);
- две железнодорожные ветки;
- сооружения по перегрузке зерна в элеватор;
- вспомогательные объекты.

Наблюдение за оползнем в районе зерноперегрузочного комплекса (рис. 1) показало, что процесс активно развивается и захватывает новые участки с высокой скоростью.



Рис. 1. Оползневые деформации на откосе зерноперегрузочного комплекса балки Куцая, произошедшие в январе 2004 г.

Согласно генеральному плану строительства, в пределах рассматриваемого участка балки Куцая на расстоянии около 5...6 м вдоль бровки откоса расположено две ветки железнодорожного пути. Проектом предусмотрено движение по этим веткам груженных железнодорожных составов с максимальной нагрузкой. В районе оползня предусмотрено также возведение нескольких зданий производственного назначения и площадок для складирования грузов.

Для принятия рационального решения по определению оптимальной зоны инженерной защиты возводимых объектов на стадии ТЭО-проекта была использована методика зонирования территорий по системе балльных характеристик [6]. Подобный подход представлен в работах А. Л. Рагозина [7] и других отечественных исследователей.

Исследуемый объект был разделен на участки (рис. 2). Для каждого участка был определен уровень опасности, вероятности обрушения, возможных негативных последствий и уязвимости. Показатель риска для

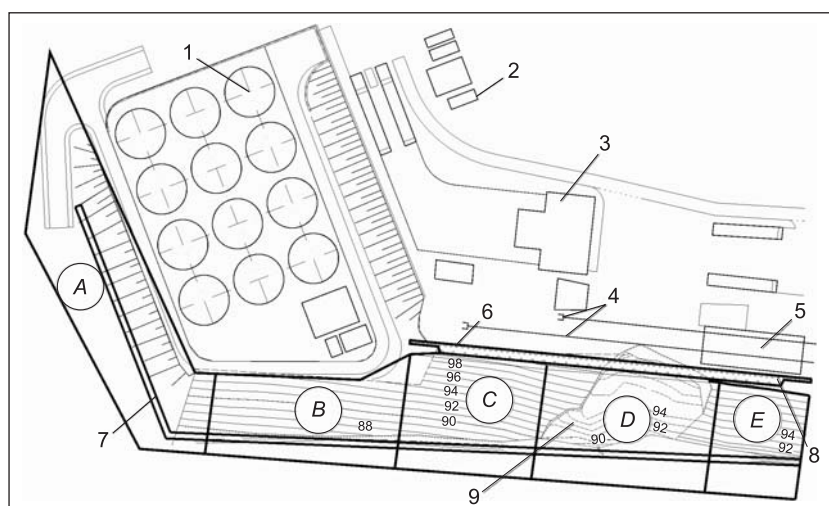


Рис. 2. Общий вид площадки строительства

A, B, C, D, E — участки для качественной и полуколичественной оценки оползневой риска; *1* — зерноперегрузочный комплекс; *2* — технические помещения; *3* — площадка для складирования грузов; *4* — ветки железной дороги; *5* — площадка для ж/д вагонов; *6* — полуторярядное свайное сооружение; *7* — подпорная стена габионного типа; *8* — однорядное свайное сооружение, *9* — оползень

каждого участка определялся перемножением вышеуказанных факторов (табл. 1), по формуле

$$R_N = H \times P \times R \times V, \quad (1)$$

где *H* — опасность;
P — вероятность обрушения;
R — показатель возможных негативных последствий;
V — уязвимость.

На основании показателя риска участки подразделялись на классы.

Методика позволила выявить наиболее опасные участки, требующие усиления. В результате проведенных исследований был определен комплекс мероприятий по инженерной защите склона от оползневых процессов.

Оценка количественных показателей риска с применением табличных форм. Методика оценки риска с применением табличных форм наиболее эффективна при исследовании большого количества оползневых склонов с целью выявления наиболее опасных участков. Подход позволяет прогнозировать поведение откоса путем оценки количественных показателей вероятности обрушения и оползневой опасности, не требуя выполнения инженерно-геологических изысканий. Основным недостатком метода — субъективность принятия ряда коэффициентов, существенно влияющих на результат.

В рамках проекта «Сахалин-2» требовалось оценить относительную степень оползневой опасности и риска около пятидесяти оползнеопасных склонов. Проектом предусматривалась подземная прокладка магистральных нефте- и газопроводов. В районе г. Макарова трасса трубопроводов проходила по пересеченной местности.

Исследуемый оползневой участок № 106 представляет собой блоковый оползень мощностью до 9 м, находящийся в стадии предельного равновесия. Длина оползня в плане 180 м, ширина 40 м. Активизация склоновых процессов вызвана обводненностью склона и подмывом языка

Таблица 1

Качественная и полуколичественная оценка оползневой риска

№ участка	<i>H</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>V</i>	Риск R_N	Класс риска
<i>A</i>	3	3	2	2	36	3
<i>B</i>	3	3	3	3	81	4
<i>C</i>	3	3	4	3	108	4
<i>D</i>	3	3	4	4	144	5
<i>E</i>	2	3	3	3	54	3



Рис. 3. Оползнеопасный участок № 106 с указанием положения оси трассы трубопровода и границ оползня

оползня. Трасса трубопровода проходит по водоразделу в голове оползня (рис. 3).

Надежность и эффективность противооползневых мероприятий непосредственно зависит от достоверности прогноза местной устойчивости откосов и оползневой опасности.

На поведение оползнеопасного склона в значительной степени влияет освоение человеком земель, водный баланс, изменчивость природы, а также другие факторы.

Данный подход заключается в том, что, прежде всего, определяется относительная средняя вероятность обрушения откоса в пределах всей территории исследуемого оползнеопасного региона. Затем, используя систему корректирующих коэффициентов, вычисляется вероятность обрушения искомого откоса:

$$P_e = F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times F_5 \times F_e. \quad (2)$$

Пределы возможных значений независимых поправочных коэффициентов для исследуемого участка оползнеопасного склона № 106 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Диапазон значений поправочных коэффициентов

Коэффициент	Диапазон принимаемых значений		Независимые показатели	Характеристика	Относительная значимость
F_1	1,25	0,25	Возраст	Возраст	Высокая
F_2	4	0,9	Геология	Неблагоприятные грунтовые условия	Очень высокая
				Процессы выветривания	Высокая
F_3	2	0,1	Геометрия откоса	Высота склона	Высокая
F_4	4	0,1	Геоморфология	Уклон откоса	Очень высокая
F_5	4	0,5	Грунтовые воды	Уровень грунтовых вод	Очень высокая
				Дренажные условия	Средняя
				Наличие растительности на поверхности откоса	Высокая
				Техногенный фактор	Очень высокая
F_e	6	0,5	Случаи потери устойчивости склона	Наличие трещин разрыва	Очень высокая

Значения поправочных коэффициентов были получены эмпирическим анализом большого числа оползнеопасных склонов [8]. Коэффициенты позволяют учесть характерные инженерно-геологические и гидрогеологические условия исследуемого оползня, а также сведения об исторической активизации склона, техногенный фактор и другие показатели, оказывающие воздействие на степень оползневой опасности.

Проведенные расчеты (табл. 3) показали, что вероятность обрушения исследуемого откоса находится в диапазоне от 1,6 до 36,1%.

Таблица 3

Оценка вероятности обрушения техногенного откоса № 106 в рамках проекта «Сахалин-2»

Коэффициент	Признак	Характеристика участка	Значение
Поправочный коэффициент	Возраст откоса	—	0,25 1,25
	Геология	Трещины разрыва	0,9 4
	Геометрия		0,7
	Геоморфология	Высота склона < 5 м, угол откоса < 50°	1,1
	Грунтовые воды	Уклон 15 30°, 1/3 часть склона	2,7 (+0,25)
	Трещины разрыва	—	3
Итоговый поправочный коэффициент	$(F = F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times F_5 \times F_e)$		1,53 34,07
Средняя вероятность	P_e^*		0,0106
Вероятность обрушения искомого откоса	$P_e \times F$		0,016 0,361

* P_e — средняя вероятность обрушения в пределах региона.

На основании проведенных исследований склонов был рекомендован комплекс инженерных мероприятий, включающий устройство откосов с бермами, в сочетании с противоэрозионными мероприятиями и дренажными мероприятиями.

Вывод. Проведены исследования оползневого риска на основе двух различных методов. По результатам расчетов в кратчайшие сроки и при отсутствии инженерно-геологических данных был установлен уровень оползневой опасности и разработана стратегия управления риском.

Исследования доказали актуальность и неоспоримую важность проблемы количественной оценки оползневой опасности. Ее достоверная оценка оказывает доминирующее влияние на величину риска, а значит на жизнь и здоровье людей, а также на экономическую эффективность строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chowdhury R. Role of slope reliability analysis in landslide risk management/ R. Chowdhury, P. Flentje//Bull. Eng. Geol. Env., 2003.— С. 41–46.
2. Постоев Г. П. К вопросу количественной оценки оползневого риска/Г. П. Постоев//Оценка и управление природными рисками. Матер. Общерос. конф. «Риск-2003».— М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2003. С. 48–50.
3. Fell R. A framework for landslide risk assessment and management/R. Fell, K. K. S. Ho, S. Lacasse et al//Landslide risk management.— Vancouver, 2005.— Р. 3–27.
4. Варга А. А. Вероятностный анализ безопасности гидротехнических сооружений при взаимодействии с геологической средой/А. А. Варга//Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология.— 2002.— № 2.— С. 99–111.
5. Противооползневые и противоэрозионные мероприятия в районе б. Куцай и г. Зеленского. Рабочий проект.— Т. 1: Поясн. зап.— Краснодар: ООО «ГеоПроект», 2004.

6. Boggett A. D. South Shore Cliffs, Whitehaven — geomorphological survey and emergency cliff stabilization works/A. D. Boggett, N. J. Mapplebeck, R. J. Cullen// Quarterly Journal of engineering Geology and Hydrogeology.— London, 2000.— С. 213– 226.
7. Рагозин А. Л. Оценка и управление природными рисками/А. Л. Рагозин// Природные опасности России.— Т. 6.— М.: МЧС РФ, 2003.
8. Lee E. M. Landslide risk assessment/E. M. Lee, D. K. C. Jones.— London, 2004.— P. 375–381.

© Маций С. И., Плешаков Д. В., 2008

Получено после доработки 11.01.08

УДК 624.074 : 627.33/.34

А. И. САПОЖНИКОВ, д-р филос. наук, проф. (Астраханский инженерно-строительный институт)

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РАБОТА СЕКЦИЙ СВАЙНОЙ ЭСТАКАДЫ ПРИ НАВАЛЕ СУДНА

Приводится анализ влияния скорости и угла подхода судна к эстакаде, параметров отбойного устройства, причала и поддерживаемого оборудования (на примере порталного крана) на характеристики надежности эстакады — прочность, циклическую выносливость свайного поля, устойчивость порталного крана. Показано, что эти характеристики можно обеспечить путем подбора отбойного устройства.

Навал судна при швартовке на свайную эстакаду, с учетом проводимого увеличения глубины у причала и в связи с переходом к сваям из металлических труб, значительно более податливым, чем ранее используемые железобетонные сваи-оболочки, может вызвать его разрушение. Отбойные устройства (ОУ) с мягкой характеристикой, применяемые на практике [1], ограничивают передаваемую эстакаде нагрузку, благодаря чему гарантируется прочность ее несущих конструкций. Однако ОУ имеют высокую начальную жесткость, в результате чего свайное поле получает максимальное нагружение, независимо от изменчивости швартуемых судов по тоннажу [2]. Это может вызывать разрушение конструкций, особенно их сварных швов, из-за циклического нагружения предельными нагрузками, а также опасные колебания подъемно-транспортного оборудования (ПТО).

Сохранить конструкцию, как это показано в [3], можно последовательной установкой ОУ с мягкой и жесткой характеристиками [4]. И хотя концептуально постановка задачи ясна, открытым остается вопрос выбора оптимальных параметров ОУ в качестве амортизаторов удара швартуемых судов в зависимости от параметров эстакады, ПТО и разнотоннажных судов, посещающих причал. Решение этой задачи возможно только при рассмотрении совместной работы системы «судно — ОУ — эстакада — ПТО».

При навале на эстакаду судно сжимает ОУ, передавая усилие его сжатия эстакаде, вызывая ее смещение и поворот в горизонтальной плоскости и, как результат, колебание надстроек (рис. 1).

Рассматривается навал судна при швартовке к технологической площадке нефтепирса в бухте Чадауджа. План расстановки железобетонных свай-оболочек 1,6 м, имеющих толщину стенки $t = 0,15$ м, показан на рис. 1, з. В свайном поле секции имеется 63 сваи. Расчетная длина свай $l = 17,9$ м, модуль упругости бетона свай $E = 3,8 \cdot 10^7$ кН/м², момент инерции поперечного сечения свай $J = 0,2$ м⁴. Используется стандартный

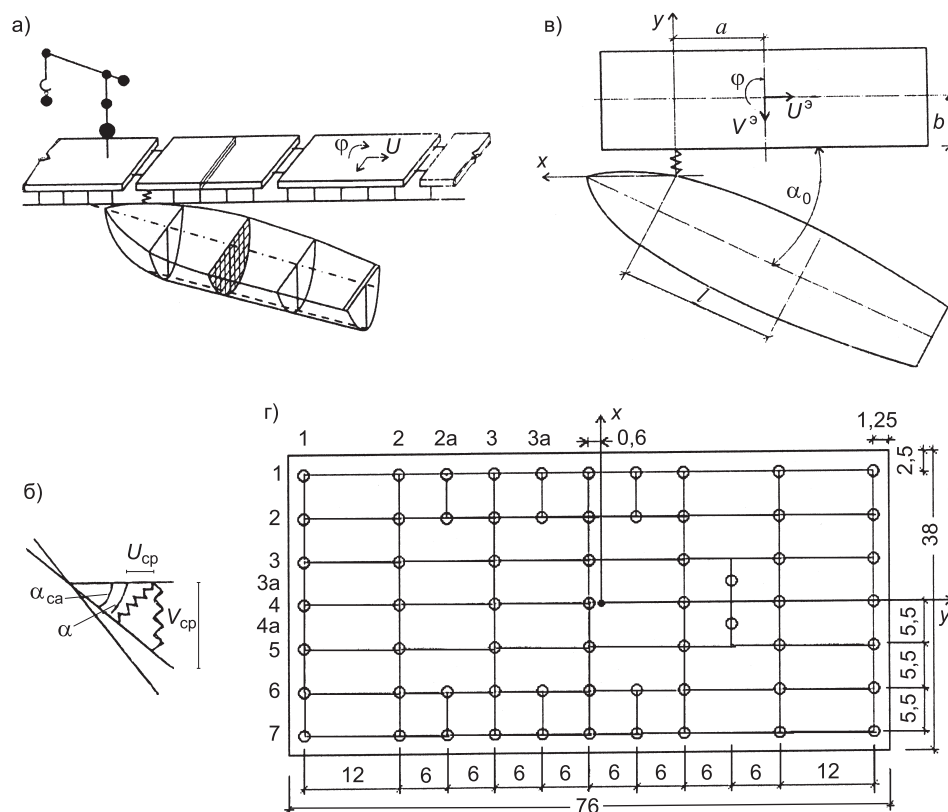


Рис. 1. Расчетная схема эстакады при навале судна

a — эстакада с надстройкой и плитами верхнего строения, соединенными между собой; b — детали работы ОУ при навале судна; c — эстакада без надстройки и межсекционных связей; d — план свайного поля

железобетонный оголовок свай коробчатой конструкции, на который опираются поперечные ригели.

Учитывая характер швартовки танкеров, вызывающей продольное смещение эстакады, в уровне поперечных ригелей в плоскости продольных рам устанавливаются продольные ригели, также опирающиеся на оголовки колонн. Это обеспечивает одинаковую жесткость эстакады в поперечном и продольном направлениях, если ригели обоих направлений создают одинаковое защемление свай, что достигается при моментах инерции поперечных $J = 0,36 \text{ м}^4$ и продольных $J = 0,72 \text{ м}^4$ ригелей. Такие значения J приняты в статье. При этих значениях погонные жесткости ригелей и свай находятся в отношении $i_p/i_{св} = 3$, что, как известно [5], позволяет обеспечить жесткое защемление верхнего конца свай.

Поверх продольных ригелей (вдоль оси x) по наименьшей длине между ригелями устанавливаются поперечные тавровые балки. Стенки тавровых балок соединяются с ригелями сваркой закладных стальных деталей. Полки смежных тавровых балок по их длине имеют поперечные выпуски арматуры, которые свариваются между собой. Также свариваются между собой выпуски продольной арматуры по торцам смежных балок. Стыки омоноличиваются бетоном, образуя единую плиту верхнего строения.

Полки балок настила, образующие плиту верхнего строения, имеют толщину $t = 0,4 \text{ м}$. При такой толщине и размерах в плане $76 \times 38 \text{ м}$ плиту допустимо рассматривать как жесткую в своей плоскости [5]. При горизонтальном нагружении она испытывает горизонтальные смещения вдоль осей x, y и поворот вокруг вертикальной оси на угол φ . Выход ее из горизонтальной плоскости при исследовании динамики навала допустимо не

учитывать, благодаря высокой жесткости ригелей и ребер в конструкции плиты верхнего строения (ПВС).

В работе свай учитывается, помимо горизонтальной, ее жесткость на кручение моментом, создаваемая ПВС при повороте в плане на угол φ . Жесткость сваи в горизонтальном направлении $C_{x, y} = 12 EJ/l^3 = 15950 \text{ кН/м}$, $C_\varphi = GJ_p/l_{кр}$, где G — модуль сдвига сваи, $G = 15,2 \times 10^6 \text{ кН/м}^2$, $J_{кр} = 0,4 \text{ м}^4$, $l_{кр} = 20 \text{ м}$. Тогда $C_\varphi = 3,04 \cdot 10^5 \text{ кН/м}$. Расчетные длины сваи l и $l_{кр}$ определяются с учетом заземляющего действия грунта по методике [6].

В задаче о навале судна, помимо обобщенных смещений эстакады, необходимо учесть изменение координат контактной точки (КТ) судна и (ОУ) x, y . На результаты навала также оказывают влияние коэффициенты жесткости ОУ в поперечном C_V и продольном C_U направлениях, суммарная деформация ОУ и корпуса судна в контактной точке Δ_V, Δ_U , гидродинамические характеристики судна A и C [7]: $A = \bar{A} - \bar{B}\dot{f}$; $C = \bar{C} - \bar{A}\dot{f}$;

$$\bar{A} = (l \cdot \cos \alpha_0 - (B/2) \sin \alpha_0) \cdot (l \cdot \sin \alpha_0 + (B/2) \cos \alpha_0) / J;$$

$$\bar{B} = (l \cdot \sin \alpha_0 + (B/2) \cos \alpha_0)^2 / J + 1/m_x;$$

$$\bar{C} = (l \cdot \cos \alpha_0 - (B/2) \sin \alpha_0)^2 / J + 1/m_y,$$

где J — момент инерции судна относительно вертикальной оси, проведенной через его центр масс (ЦМ) (с учетом массы присоединенной воды (ПВ));

B — ширина судна;

$m_{x(y)}$ — масса судна (с учетом массы ПВ), $m_{x(y)} = m + \lambda_{xx(yy)}$;

l — расстояние от ЦМ судна до точки его контакта с ОУ;

α_0 — угол подхода судна к эстакаде (рис. 1, в).

Координаты КТ x и y определяются уравнениями [5]

$$\ddot{x}(t) + C_U \cdot \Delta_U \cdot A = 0; \quad \ddot{y}(t) + C_V \cdot \Delta_V \cdot C = 0. \quad (1)$$

Для симметричной секции уравнения колебаний примут вид:

$$m^3 \ddot{V}^3(t) + r_{VV} V^3(t) = C_V \Delta_V;$$

$$m^3 \ddot{U}^3(t) + r_{UU} U^3(t) = C_U \Delta_U \quad (C_U \Delta_U \leq f C_V \Delta_V); \quad (2)$$

$$\theta^3 \ddot{\varphi}^3(t) + r_{\varphi\varphi} \varphi^3(t) = a C_V \Delta_V + b C_U \Delta_U,$$

где f — коэффициент трения между судном и ОУ;

a, b — координаты установки на причале загруженного ОУ, включенного в работу вдоль осей x, y , отсчитываемых от центра масс эстакады;

r — коэффициенты жесткости эстакады соответственно вдоль осей x, y и при повороте эстакады в плане.

Суммарное смещение ОУ (без учета деформации судна) определяется равенствами

$$\Delta_V = y - V^3 - a \varphi^3, \quad \Delta_U = x - U^3 - b \varphi^3. \quad (3)$$

Уравнения (1) и (2) совместно характеризуют взаимодействие эстакады с судном. Для их включения в систему уравнений (2 [5]) необходимы вектор обобщенных смещений $\{q^3\}$, матрицы масс M^3 и коэффициентов жесткости R^3 .

$$\text{Имеем } \{q^3\} = \{x, U^3, y, V^3, \varphi^3\}^T, \quad M^3 = \left\| 1/A, m_U^3, 1/C, m_V^3, \theta^3 \right\|^{T/2},$$

$$R^3 = \begin{vmatrix} C_U & -C_U & 0 & 0 & -C_U \cdot b \\ -C_U & (r_{UU} + C_U) & 0 & 0 & C_U b \\ 0 & 0 & C_V & -C_V & -C_V \cdot a \\ 0 & 0 & -C_V & (r_{VV} + C_V) & C_V \cdot a \\ -C_U \cdot b & C_U b & -C_V \cdot a & C_V \cdot a & (r_{\phi\phi} + C_V a^2 + C_U b^2) \end{vmatrix}, \quad (4)$$

где $T/2$ — означает диагональную матрицу, записанную в строку.

Матрица R^3 может быть представлена в виде произведения двух блоков, причем, если не учитывать продольные смещения эстакады U^3 , остается второй блок третьего порядка

$$R^3 = \begin{vmatrix} C_V & -C_V & -C_V \cdot a \\ -C_V & (r_{VV} + C_V) & C_V \cdot a \\ -C_V \cdot a & C_V \cdot a & (r_{\phi\phi} + C_V a^2 + C_U b^2) \end{vmatrix}. \quad (5)$$

Если эстакада несимметричная, т.е. $r_{V\phi} \neq 0$, $r_{U\phi} \neq 0$, то матрица R^3 примет вид

$$R^3 = \begin{vmatrix} C_U & -C_U & 0 & 0 & -C_U b \\ -C_U & (r_{UU} + C_U) & 0 & 0 & (r_{U\phi} + C_U b) \\ 0 & 0 & C_V & -C_V & -C_V a \\ 0 & 0 & -C_V & (r_{VV} + C_V) & (r_{V\phi} + C_V a) \\ -C_U b & (r_{\phi U} + C_U b) & -C_V a & (r_{\phi V} + C_V a) & (r_{\phi\phi} + C_V a^2 + C_U b^2) \end{vmatrix}.$$

Если принять податливость ОУ вдоль оси x равной нулю, т.е. $C_U = \infty$, то в уравнениях (2) вместо членов $C_U \Delta_U$ следует принять $f C_V \Delta_V$, что означает скольжение судна вдоль ОУ по направлению оси x . В этом случае в матрице (5) третья строка примет вид

$$\| -C_V(a + bf), C_V(a + bf), (r_{\phi\phi} + C_V a^2 + C_V abf) \|.$$

Навал судна на эстакаду характеризуется начальными условиями: при $t=0$

$$\begin{aligned} y(0) &= 0, \quad x(0) = 0, \quad V^3(0) = 0, \quad U^3(0) = 0, \quad \phi^3(0) = 0, \quad \dot{y}(0) = V_0 \cdot \sin \alpha_0, \\ \dot{x}(0) &= V_0 \cos \alpha_0, \quad \dot{V}^3(0) = 0, \quad \dot{U}^3(0) = 0, \quad \dot{\phi}^3(0) = 0, \end{aligned} \quad (6)$$

где V_0 — скорость подхода судна к эстакаде;

α_0 — угол его подхода.

Причалы оборудуются ОУ с мягкой характеристикой, работа которых носит нелинейный характер. Полученная система уравнений позволяет учесть нелинейную работу ОУ (демпфирование из-за кратковременности навала не учитывается).

Деформация ОУ определяется равенством (3) и, с учетом решения уравнения (2) для эстакады при $r_{VV} = r_{UU}$, равна

$$\begin{aligned} \Delta_V &= V_0 \sin \alpha_0 / (k_2^2 - k_3^2) \{ [(k_2^2 - C_V C) - (C_V / m^3 + \\ &+ C_V \cdot a(a + bf)) / \theta^3] \times (1/k_3) \sin k_3 t + [(C_V C - k_3^2) + \\ &+ (C_V / m^3 + C_V \cdot a(a + bf)) / \theta^3] \cdot (1/k_2) \sin k_2 t \}, \end{aligned} \quad (7)$$

где

$$k_2^2 = n/2 + \sqrt{(n/2)^2 - C_V \cdot C \cdot r_{VV} / m^3};$$

$$k_3^2 = n / 2 - \sqrt{(n / 2)^2 - C_V \cdot C \cdot r_{VV} / m^3};$$

$$n = C_V \cdot C + (C_V + r_{VV}) / m^3 + C_V \cdot a(a + bf) / \theta^3.$$

Для учета нелинейной работы ОУ следует в уравнениях (1) и (2) принять $C_V \Delta_V = N = \text{const}$ соответственно концу зоны упругой работы ОУ. Тогда система уравнений колебаний приводится к двум, не связанным между собой, уравнениям вида

$$\ddot{y} + C \cdot N = 0,$$

$$(\dot{V}^3(t) + a\ddot{\phi}^3(t)) + r_{VV} / m^3 (V^3(t) + a\phi^3(t)) = N / m^3 + a(a + bf)N / \theta^3. \quad (8)$$

Рассмотрим решение задачи при следующих параметрах системы: для эстакады: $L \times B^3 = 76 \times 38$ м, $m^3 = 9820$ т, $\theta^3 = 59 \cdot 10^5$ т·м²,

$$r_{VV} = r_{UU} = 10^6 \text{ кН/м}, r_{\phi\phi} = 62 \cdot 10^7 \text{ кН·м};$$

для ОУ: $[\Delta_y] = 0,0655$ м, $N = 600$ кН, $C_V = 8,33 \cdot 10^3$ кН/м, $a = 35$ м, $b = 19$ м, $f = 0,6$;

для судна: $L \times B = 126 \times 16$ м, $l = 60$ м, $m_y = 10^4$ т, $J = 13,44 \cdot 10^6$ т·м², $V_0 = 0,5$ м/с, $\alpha_0 = 15^\circ$, $\dot{a}_0 = 0$.

Выясним вначале, находится ли судно в процессе навала на эстакаду в постоянном контакте с ОУ. Отрыв судна от ОУ не наблюдается при выполнении условия [5]

$$(k_3 / k_2)(k_2^2 - r_{VV} / m^3) < (r_{VV} / m^3 - k_3^2) \cdot \sin \{(3\pi / 2)(k_3 / k_2)\}. \quad (9)$$

Для рассматриваемого примера имеем $\bar{C} = 3,32364 \cdot 10^{-4}$, $\bar{A} = 96,6 \cdot 10^{-6}$, $\bar{A} \cdot f = 57,96 \cdot 10^{-6}$, $C = 2,744 \cdot 10^{-4}$, $n = 107,26$, $k_2 = 10,25$, $k_3 = 1,4886$; неравенство (9) удовлетворяется: $0,46633 < 62,96$.

При увеличении жесткости ОУ C_V неравенство (9) может сменить знак. При этом, как сказано выше, должен происходить отрыв ОУ от судна с последующим соударением. Сила последующих ударов может возрасти, поскольку жесткость отклоненной эстакады выше. Если при соударении эстакада уже движется в обратном направлении, сила удара также должна быть выше.

Рассмотрим, как это происходит в действительности. Вначале решим задачу при $C_V = 8,33 \cdot 10^3$ кН/м (его значения из [1]). Совмещенные графики зависимости от времени сжатия ОУ $y(t)$, смещения причала в месте навала судна $R(t) = V(t) + \phi(t) \cdot l$, усилия от навала судна $N(t)$ показаны на рис. 2. Аналогичные зависимости при $C_V = 15 \cdot 8,33 \cdot 10^3$ кН/м — на рис. 3, при $C_V = 64 \cdot 8,33 \cdot 10^3$ кН/м — на рис. 4.

Как следует из расчетов (см. рис. 3), отрыв ОУ от судна начинается с некоторого значения $C_V > C_V^{\text{кр}}$, равного $C_V^{\text{кр}} = 15 \cdot 8,33 \cdot 10^3$ кН/м. При $C_V > C_V^{\text{кр}}$ (см. рис. 4) периодически смещение эстакады превышает сжатие

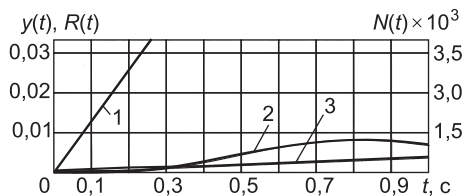


Рис. 2. Зависимость величины сжатия ОУ $y(t)$ (1), смещения эстакады $R(t) = V(t) + a\phi(t)$ в точке установки (2) и силы навала $N(t)$ (3) от времени при жесткости ОУ $C_V = 8,33 \cdot 10^3$ кН/м

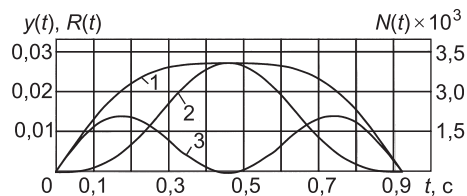


Рис. 3. Зависимость величины сжатия ОУ $y(t)$ (1), смещения эстакады $R(t) = V(t) + a\phi(t)$ в точке установки (2) и силы навала $N(t)$ (3) от времени при жесткости ОУ $C_V = 15 \cdot 8,33 \cdot 10^3$ кН/м.

ОУ, причем в эти интервалы времени усилие, передаваемое судну через ОУ, $N(t)$ равно нулю. Из рис. 4 также следует, что сила второго удара выше, чем первого и третьего, хотя третьего ниже, чем второго, но выше, чем первого.

Наличие двух ударов (см. рис. 3) и трех (см. рис. 4) за одну швартовную операцию существенно увеличивает цикличность загрузки эстакады, что, безусловно, будет приводить к уменьшению срока службы сварных швов между элементами эстакады, обладающих повышенной чувствительностью к циклическому нагружению. Это в существенной мере относится к соединениям свай и ригелей, в которых при навале судов возникают максимальные изгибающие моменты, близкие к предельным.

Как видно из рис. 3, при значении $C_V^{кр}$ отрыва судна от причала при V-образных ОУ с мягкой характеристикой [1] не происходит, что позволяет упростить нелинейное решение, сделать его более последовательным.

Решению уравнений (8) должно предшествовать определение времени вступления ОУ в нелинейную работу $t = t_1$, которое определяется из равенства деформации ОУ предельному значению его упругой деформации $[\Delta_V]$ (ОУ с мягкой характеристикой).

Определим из (7) время $t = t_1$. Имеем $\Delta_V = 8421 \cdot 10^{-5} \sin 1,4886t + 39,42 \cdot 10^{-5} \sin 10,25t = 0,0655$ м. Откуда $t_1 = 0,59$ с.

Решим первое уравнение (8) при начальных условиях в момент времени $t_1 = 0,59$ с: $y(0,59) = 0,068448$ м, $\dot{y}(0,59) = 0,11556$ м/с. Поскольку величины $\Delta_V(0,59)$ и $y(0,59)$ отличаются несущественно, в дальнейших расчетах учетом смещения эстакады пренебрегаем. Для смещения $y(t)$ имеем решение $y(t) = -CNt^2/2 + a_0t + b_0$. Постоянные величины a_0, b_0 найдем, используя начальные условия. Имеем $a_0 = 0,2127$, $b_0 = -0,02840$. Отсюда $y(t) = -0,008232t^2 + 0,2127t - 0,02840$. Функция $y(t)$ получает экстремум в момент времени $t_2 = 1,29$ с, соответствующий моменту времени остановки судна; сжатие ОУ составляет 0,109 м, что меньше предельного (0,3 м). Столь продолжительное сжатие ОУ объясняется его большой податливостью, удаленностью точки его контакта с судном от ЦМ последнего, протяженностью судна и малым углом его подхода к эстакаде.

Энергия, передаваемая судном эстакаде при навале, равна

$$E = \frac{1}{2} N \cdot [\Delta_V] + N(\Delta_V - [\Delta_V]) = \frac{1}{2} 600 \cdot 0,0655 + 600(0,109 - 0,0655) = 45,75 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Если учесть податливость эстакады, то

$$E = 600 \cdot 0,68448 + 600(0,109 - 0,068448) = 44,8656 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

При расчете по приближенной методике в [1]

$$E = DV_0^2 \cdot \sin^2 \alpha_0 / 2g(1 + (e/r)^2),$$

где D — дедвейт судна;

e — расстояние от центра масс судна до точки его контакта с ОУ вдоль эстакады;

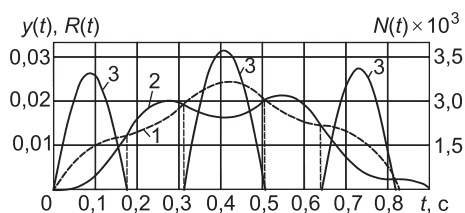


Рис. 4. Зависимость величины сжатия ОУ $y(t)$ (1), смещения эстакады $R(t) = V(t) + a\varphi(t)$ в точке установки (2) и силы навала $N(t)$ (3) от времени при жесткости ОУ $C_V = 64 \cdot 8,33 \cdot 10^3$ кН/м

r — радиус вращения судна в его плоскости относительно центра масс. Имеем

$$E = 10^5 \cdot 0,5^2 \cdot 0,26^2 / 20 \cdot (1 + (60 / 36,4)^2) = 23 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Как видим, приближенная методика [1] дает вдвое заниженное значение энергии подхода судна к причалу, учет лишь линейной работы ОУ (см. рис.2) дает существенное занижение значения энергии:

$$E = 1 / 2 Ny = 628,5 \cdot 0,1 / 2 = 34,375 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Исследовано также влияние надстройки над эстакадой (портальные краны, здания операторских), принятой в виде осциллятора, установленной с эксцентриситетами относительно ее осей e_V и e_U .

В качестве объекта исследования принят порталый кран фирмы «Черетти и Танфани». При приведении крана к осциллятору, если стрелу расположить в плане под углом 45° к осям эстакады, то коэффициенты жесткости осциллятора и его масса оказываются примерно равными по обеим осям: $r_V = r_U = 2487,36 \text{ кН/м}$, $m_V = m_U = 80 \text{ т}$.

В этом случае матрицы жесткости и масс, а также вектор обобщенных смещений дополняются членами, учитывающими наличие крана — осциллятора. Они имеют вид

$$\{q\} = \{q^{\circ}\} + \{q^{\text{кр}}\}; \{M\} = \{M^{\circ}\} + \{M^{\text{кр}}\}; \{R\} = \{R^{\circ}\} + \{R^{\text{кр}}\};$$

$$\{q\} = \{x, U^{\circ}, y, V^{\circ}, \varphi^{\circ}, V^{\text{кр}}, U^{\text{кр}}\}^T;$$

$$M = \left\| 1/A, m_V^U, 1/C, m_V^{\circ}, Q^{\circ}, m_V^{\text{кр}}, m_U^{\text{кр}} \right\|^{T/2};$$

$$R^{\text{кр}} = \begin{vmatrix} 0 & \dots & 0 & & & & 0 \\ \dots & r_U & \vdots & & -r_U \cdot e_U & & -r_U \\ 0 & \dots & & & & & 0 \\ & & & r_V & -r_V \cdot e_V & -r_V & \\ & -r_U \cdot e_U & & r_V \cdot e & (r_V \cdot e_V^2 + r_U \cdot e_U^2) & -r_V \cdot e_V & r_U \cdot e_U \\ & & & -r_V & -r_V \cdot e_V & r_V & \\ 0 & -r_U & 0 & & r_U \cdot e_U & & r_U \end{vmatrix}.$$

Учет колебания крана, расположенного на эстакаде, с эксцентриситетами $e_V = 10 \text{ м}$, $e_U = -4 \text{ м}$ не привел к заметным изменениям усилия навала на эстакаду (до 4%), но показал, что кран движется в сторону, обратную смещению эстакады в месте его расположения. Такое движение крана вызывает увеличение нагрузки на него, так как в этом случае он играет роль гасителя колебаний.

Таким образом, исследование взаимодействия судна и причала при швартовке через отбойные устройства с мягкой характеристикой показало:

— отрыва судна от причала не происходит;

— установка на причале подъемно-транспортного оборудования не вызывает существенного изменения усилия взаимодействия судна и причала, но навал может оказаться опасным для оборудования, что требует более подробного исследования;

— установка на причале ОУ с жесткой характеристикой вызывает появление повторных соударений судна и причала при одной швартовной операции, что непременно приведет к снижению срока службы свай и узлов их соединения с ригелями верхнего строения эстакады из-за потери ими выносливости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по применению резиновых причальных амортизаторов V-типа: Пер. с англ. яз. С. Канн/Под редакцией А. И. Сапожникова.— Владивосток: Архив ДальморНИИпроекта, 1970.— 69 с.
2. Сапожников А. И. Особенности подбора оптимального отбойника при расчете сооружений на выносливость/А. И. Сапожников, Т. Г. Данилова//Матер. 2 НТК ДальморНИИпроекта.— Владивосток: ДВВИМУ, 1971.— Ч. 1.— С. 95–119.
3. Сапожников А. И. Способ подбора и конструирования оптимального отбойного устройства для причалов при их расчете на выносливость/А. И. Сапожников//Изв. вузов. Строительство.— 2002.— № 9.— 5 с.
4. А. с. № 116571. Отбойное устройство для причалов/А. И. Сапожников: Оpubл. 1985; Бюл. № 25.
5. Сапожников А. И. Теория расчета совместной пространственной работы подъемно-транспортного оборудования и удерживающих сооружений/А. И. Сапожников: Деп. ВИНТИ 24.06.2004.— № 1092 — В2004.— 153 с.— Астрахань: АИСИ, 2004.
6. Сапожников А. И. Расчет свай на горизонтальную нагрузку в нелинейно-деформируемом основании/А. И. Сапожников, Ю. В. Солгалов//Основания, фундаменты и механика грунтов.— 1980.— № 4.— С. 9–11.
7. Мазур В. Ю. Удар судна о причальное сооружение/В. Ю. Мазур, Ф. М. Шихиев//Сб.: Гидротехника.— М.: Отдел учебных заведений ММФ, 1965.— № 3.— С. 8–12.

© Сапожников А. И., 2008

Получено после доработки 17.01.08

УДК 666.3/.7:621.74

С. А. ШАХОВ, канд. техн. наук (Новосибирская государственная академия водного транспорта)

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ЛИТЬЯ С ПОДПРЕССОВКОЙ

Рассмотрена специфика применения параметрического анализа для разработки принципиальных схем литьевых устройств для формования керамики методом горячего литья с подпрессовкой. Предложена методология формирования принципиальной схемы и выбора параметров литьевого устройства, основанная на системном подходе и использовании метода эвристических преобразований.

Расширение научных представлений о процессе горячего литья выдвигает требования по созданию новых конструкций литьевых машин и по научно обоснованным методам расчета их параметров. Сложность решения этой задачи в данном случае обусловлена целым рядом ограничений и противоречий, присущих технологии горячего литья, в числе которых следует отметить необходимость создания направленного теплового градиента при структурообразовании отливки и необходимость увеличения объема жидкой фазы для придания необходимых литейных свойств шликеру. Эти ограничения не позволяют добиться получения изделий сложной формы требуемого качества, поскольку при обжиге «дополнительное» количество связки приводит к появлению структурных дефектов и деформации изделий.

В числе прочих факторов эффективность технологии горячего литья зависит и от конструкции оборудования. К сожалению, современное оборудование по ряду признаков в полной мере не отвечает требованиям, выдвигаемым технологией литья. До последнего времени литьем под давлением изготавливались изделия толщиной 1...10 мм. Изготовление деталей

большей толщины (> 20 мм) сопряжено с появлением внутренних дефектов (раковин, пустот, напряжений), что обуславливает низкую эффективность данного метода формования. Компенсация усадки при охлаждении толстостенных деталей требует высоких давлений, что приводит к усложнению оборудования и увеличению энергозатрат. Указанные технологические и экономические ограничения метода литья и возрастающая потребность промышленности в изготовлении сложнофасонных, длинномерных и крупногабаритных керамических изделий, например керамических труб, с высоким уровнем свойств выдвигают требования по усовершенствованию технологии и оборудования для горячего литья термопластичных шликеров.

С целью получения качественных объемных отливок на оборудовании серийных предприятий на основе результатов исследований объемно-фазовых соотношений в системах оксид-термопластичная связка [1] разработан способ горячего литья с подпрессовкой [2]. Сущность нового способа формования состоит в том, что шликером заполняется формообразующая полость, размер которой по толщине больше, чем требуемая толщина отливки. Окончательное оформление отливки осуществляется усилием, создаваемым прессовой частью машины, и происходит, как правило, при направленном тепловом потоке после изоляции (отсечения) формообразующей полости литьевой формы от шликерного бака.

Для оптимальной организации технологического процесса литья термопластичных шликеров по новому способу важное значение имеет выбор оптимальных параметров и схем обработки, определяющий, в конечном счете, конструкцию литьевой установки. При создании литьевых машин количественные значения параметров должны разрабатываться и с учетом предполагаемого к изготовлению ассортимента изделий, на основе изучения особенностей процесса литья с учетом полного комплекса технологических свойств шликеров. Поэтому при выборе параметров новых установок простого анализа ретроспективной информации недостаточно, а требуется расчетно-обоснованный подход к этому вопросу.

Литьевая машина как объект состоит из технологических (рабочий бак, питатель, прессовый узел) и вспомогательных (привод и управление) подсистем. Каждая подсистема литьевой машины имеет определенное целевое назначение. Учитывая общее целевое назначение литьевой машины — разогреть шликер до требуемой температуры, переместить его в замкнутый объем охлаждаемой формы, отформовать изделие и извлечь его из формы — целевое назначение отдельных подсистем может быть усложнено и сформулировано через дополнительные требования по точности процесса, степени его управления (автоматическое управление разной степени сложности, числовое программное управление, управление с применением ЭВМ), а также через дополнительные требования к качеству литьевой продукции (например, размерная точность). Эти требования определяют задачи подсистем, составляющих литьевую машину. С учетом разнообразия форм и размеров керамических изделий эти задачи должны решаться, в первую очередь, на уровне структуры устройства, его принципиальной схемы. При этом наиболее эффективные пути разработки и совершенствования принципиальной схемы должны базироваться на использовании тех способов преобразования, которые обеспечивают рост эффективности от совместного действия, превышающий суммарный, т.е. на основе синергетического подхода.

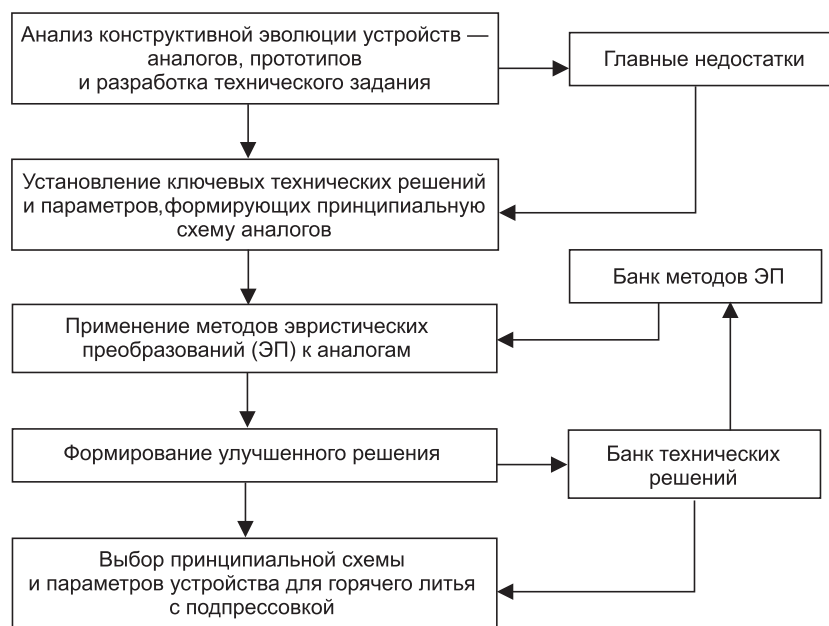
Методологической основой для такого подхода может являться базирующийся на системном подходе параметрический анализ. Такой анализ позволяет достаточно полно охарактеризовать объект, сформулировать требования к объекту в целом, требования к его составным частям и выявить всю совокупность параметров, определяющих целевое назначение

литьевой машины и всех составляющих ее подсистем, а также установить их взаимосвязь и значимость. Преимущество такого анализа заключается в том, что на самой ранней стадии удастся сформулировать и обосновать уровень требований к объекту, а также обеспечить в последующем гарантию достижения этих требований в результате формулирования соответствующих параметров в пределах установленных числовых значений. Основной смысл анализа в том, что требуемые признаки закрепляются через числовые характеристики. Тем самым закладывается обоснованная возможность нормализовать признаки на ранней стадии создания объектов как по перечню параметров, так и по численному значению. Выявленная совокупность параметров включает все числовые характеристики, определяющие целевые признаки объекта, а также все числовые характеристики, определяющие целевое назначение всех подсистем и элементов, включенных в объект. Это позволяет составить достаточно полную систему параметров, пригодную для последующей оценки значимости установленных параметров.

В процессе параметрического анализа подробно формируют назначение объекта и требования к нему. Поэтому в число задач параметрического анализа объекта входит установление подсистем, которые составляют объект. При этом выявляется его структура. Исследование структуры объекта и его подсистем позволяет установить иерархическую связь подсистем в достижении целевого назначения и, следовательно, степень их значимости, а также выявить модели, определяющие взаимосвязи внутри подсистемы и между подсистемами. На этой стадии анализа также выявляют основные закономерности, определяющие существование подсистем, устанавливают целевое назначение и числовые характеристики подсистем, а также необходимый объем и степень точности информации для оптимизации подсистем с учетом ограничений, обусловленных внешними связями. Эти характеристики являются параметрами подсистем и элементов. Поэтому на этой стадии анализа изучают также внутренние свойства подсистем, их взаимосвязь и выявляют структуру этих взаимосвязей.

Для создания объекта, удовлетворяющего данному целевому назначению, на стадии параметрического анализа необязательно стремиться вскрыть все параметры, фактически заложенные в объекте. Отсутствие в системе какого-либо параметра проявляется при анализе объекта по соответствующему признаку (выявляется при исследовании структуры). При этом общим условием обнаружения отсутствия параметра является невозможность воздействия на объект (т. е. невозможность его регулирования) для достижения результата по данному признаку при выполнении общего целевого назначения объекта. Степень значимости параметра определяется степенью значимости подсистемы, которую он определяет в реализации целевого назначения объекта. Однако поскольку каждая подсистема характеризуется также большим числом своих подсистем и параметров, которые необязательно должны быть существенны для объекта в целом, степень их значимости определяется влиянием параметра на характеристики всего объекта.

Применительно к вновь разработанному способу степень полноты компенсации усадки во многом зависит от оптимальности конструктивного исполнения узла подпрессовки. В зависимости от конструкции и размеров изделия в каждом конкретном случае может быть выбрана та или иная конструкция узла подпрессовки. Это может быть обеспечено различными методами. Благодаря свойству эвристической избыточности, которое проявляется как в возможности получения решения с помощью различных приемов, так и в их взаимном усилении, вполне приемлемым, с точки зре-



Этапы разработки принципиальной схемы литейного устройства

ния нахождения решения, является метод приемов эвристических преобразований [3, 4].

На рисунке показан алгоритм системного подхода, использованный при разработке ряда технологических устройств для осуществления нового способа формования керамики методом горячего литья с подпрессовкой. Исполнение литевых устройств по схемам с осевой [5] и центробежной подпрессовкой [6] позволяет применить раздельное регулирование силового воздействия на материал по периодам формования, а также создать температурные поля, которые, наряду с направленной деформацией материала, устраняют ограничения, присущие существующей технологии горячего литья [7].

При любой схеме подпрессовки важное значение имеет выбор температуры и давления подпрессовки. Экспериментально установлено [1], что оптимальным режимом компенсации усадки является подпрессовка отливки в форме после ее охлаждения до температуры $0,9...1,1^{\circ}\text{C}$ от температуры отвердевания шликера путем приложения прессующего давления, величина которого должна быть больше предельного напряжения сдвига перерабатываемого шликера (таблица).

Дефектность отливок в зависимости от температуры шликера

Состояние отливки, %	Температура отливки, $^{\circ}\text{C}$						
	70	65	60	55	50	45	40
Брак по усадочным раковинам	—	—	—	—	6	58	64
Брак по трещинам	48	32	2	—	—	—	—
Брак по неравноплотности	—	—	6	2	8	16	24
Выход годных	52	68	92	98	86	26	12

Величину внешнего давления, необходимого для эффективной компенсации усадки при формообразовании отливки, можно приближенно рассчитать, если сделать допущения:

— потери давления за счет вязкого течения расплавленного шликера из рабочего бака литевой установки в литевую форму незначительны и в расчетах не учитываются;

— конструкция (система охлаждения) литейной формы, конфигурация и размеры отливки обеспечивают направленное равномерное охлаждение шликера при отвердевании.

При этом величину внешнего давления, необходимого для эффективной компенсации усадки при отвердевании отливки, можно оценить исходя из условия обеспечения реализации деформационного механизма компенсации усадки:

$$P_{\text{подпрес}} > P_{\text{т}}^{\text{сол}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{т}}^{\text{сол}}$ — пластическая прочность шликера при температуре «солидуса» (40°C) в зоне отвердевания;

$P_{\text{т}}^{\text{сол}}$ — величина в формообразующей полости, определяемая с помощью уравнения термоактивационного процесса

$$P_t = P \cdot \exp\left(-\frac{E_p}{RT}\right), \quad (2)$$

где P_t — значения реологических параметров (в данном случае пластическая прочность) при определенной температуре;

P — константа;

E_p — энергия активации;

R — универсальная газовая постоянная;

T — температура.

Применительно к варианту исполнения установки горячего литья по схеме с осевой подпрессовкой условие равновесия сил при компенсации усадки при литье в форму по аналогии с прессованием может быть выражено уравнением

$$p \cdot S_{\text{л}} = P_{\text{т}}^{\text{сол}} \cdot S_{\text{сол}}^{\text{max}}, \quad (3)$$

где p — удельное давление на зеркало шликера;

$S_{\text{л}}$ — площадь сечения литника;

$S_{\text{сол}}^{\text{max}}$ — максимальная площадь поверхности «солидуса» критической зоны отвердевания; при условии правильной организации (направленного) охлаждения с незначительным допущением можно принять $S_{\text{сол}}^{\text{max}} \approx S_{\text{и}}$, где $S_{\text{и}}$ — площадь формообразующей поверхности изделия.

Тогда величина внешнего давления может быть определена как

$$p \geq \frac{P_{\text{т}}^{\text{сол}} \cdot S_{\text{и}}}{S_{\text{л}}}. \quad (4)$$

Для центробежного варианта подпрессовки величина давления, необходимого для компенсации усадки, может быть определена из выражения

$$P_{\text{центр}} = \frac{\rho_{\text{шл}}}{3g} \cdot \omega^2 \cdot \left(r_1^2 - \frac{r_2^2}{r_1}\right), \quad (5)$$

где $\rho_{\text{шл}}$ — плотность шликера;

$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ — угловая скорость;

r_1 — расстояние от центра вращения до внешней поверхности отливки;

r_2 — то же, до внутренней поверхности;

g — ускорение силы тяжести.

При этом минимальное количество оборотов, необходимое для эффективной компенсации усадки, из уравнения (5) может быть определено как

$$n = 9,55 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot P_{\tau} \cdot g}{\rho_{\text{шл}} \cdot (r_1^2 - r_2^3 / r_1)}}. \quad (6)$$

Рассмотренные в настоящей статье схемы литьевых устройств были апробированы и реализованы при создании литьевого оборудования для получения керамических изделий из оксида и нитрида алюминия, оксида бериллия на предприятиях ОАО «Керамика», ОАО «НЭВЗ». Результаты опытно-промышленных испытаний показали, что вновь разработанные режимно-технологические и аппаратурно-конструктивные решения позволяют существенно расширить технологические возможности литьевых устройств при получении объемных изделий. Отливки, полученные при литье с подпрессовкой, имели кажущуюся плотность на 7...12%, а механическую прочность в 1,2...1,5 раза выше, чем такие же изделия, но полученные без подпрессовки [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дусеймалиев У. К. Закономерности усадки термопластичных шликеров из оксида бериллия / У. К. Дусеймалиев, С. А. Шахов // Вест. ВКТУ. — Усть-Каменогорск: ВКТУ, 1999. — № 3. — С. 20–26.
2. А.с. 1264475 СССР, МКИ В 28 В 1/26 Способ формования керамических изделий / Шахов С. А., Кулаев М.Х.: Оpubл. 1985 г.; Бюл. № 33.
3. Дитрих Я. Проектирование и конструирование. Системный подход / Я. Дитрих. — М.: Мир, 1981. — 456 с.
4. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества / А. И. Половинкин. — М.: Машиностроение, 1988. — 368 с.
5. А. с. 1144295 СССР В28 в 1/24 Устройство для литья керамических изделий / С. А. Шахов: Оpubл. 1985 г.; Бюл. № 25.
6. А.с. 1752560 СССР, МКИ В 28 В 1/26 Способ литья керамических изделий преимущественно из шликера на термопластичной связке / С. А. Шахов, Ю. М. Сосунов, А. В. Гуркин: Оpubл. 1991 г.; Бюл. № 17.
7. Грибовский П. О. Керамические твердые схемы / П. О. Грибовский. — М.: Энергии, 1971. — 448 с.
8. Шахов С. А. Применение ультразвука при производстве высокотеплопроводных керамических изделий / С. А. Шахов, Г. Д. Бицоев. — Усть-Каменогорск: ВКТУ, 1999. — 145 с.

© Шахов С. А., 2008

Получено 14.01.08

УДК 504.3.054

Т. В. GERMANOVA, канд. техн. наук, доц., Н. А. ЛИТВИНОВА, асп. (Тюменский государственный архитектурно-строительный университет)

ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ОКИСИ УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

На основе натурных обследований загрязнения городской среды установлено, что закономерности распределения примесей в зоне аэродинамической тени здания и за пределами тени нельзя описать единой формулой.

Качество воздушной среды жилых помещений напрямую зависит от состояния наружного воздуха и степени его загрязненности. В то же время существует дефицит знаний о взаимосвязи качества наружного воздуха в местах размещения жилых многоэтажных зданий, находящихся под воздействием стационарных (точечных) источников вредных веществ.

В настоящее время проектирование оценки концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы производится по методике [1], в основу которой положены закономерности движения воздушных масс над свободной поверхностью земли. Влияние городской застройки учитывается с помощью эмпирических коэффициентов. Число вариантов застройки и рельефа местности очень велико, и можно предположить, что расчеты по методике [1] в некоторых случаях могут давать результаты, отличные от фактических. Это обстоятельство приобретает особое значение в условиях точечной застройки, размещения в жилых домах офисов, магазинов и т.д., вследствие перевода части помещений в нежилой фонд.

С целью проверки гипотезы о том, что расчеты по методике [1] могут давать отклонения от фактических, авторами проводились натурные обследования г. Тюмени на базе ФГУЗ «Центра гигиены и эпидемиологии по Тюменской области».

Источниками загрязнения городов в данном случае являются автономные отопительно-производственные котельные промышленных предприятий, где процессы горения топлива не регулируются, сгорание происходит неполностью, дымовые газы с большим содержанием вредных примесей выбрасываются в атмосферу. В связи с этим подфакельный отбор был проведен от котельных, точечных источников (малой и средней мощности) различной высоты от 15 до 60 м круглогодичного режима работы в летний период (июнь–август) 2006–2007 гг. В выбранный период увеличивается проникновение загрязнителей от внешних источников в помещение за счет частого проветривания.

Исследования от источников воздействия были проведены в наружном воздухе по высоте непосредственно перед фасадами жилых многоэтажных зданий (девяти- и десятиэтажных) на различных расстояниях от источника с учетом типа застройки (фронтальная, торцевая, периметральная), границ ветровых теней, направления ветра. При этом отбор проб в городе проводился рядом с улицами с наименьшей интенсивностью движения (50–100 авт./ч) или в глубине кварталов.

В ходе исследования определялся оксид углерода (II) электрохимическим методом анализа [2].

На первом этапе для проведения замеров были определены неблагоприятные периоды для рассеивания выбросов точечными источниками. Так, по результатам натурных исследований самые высокие концентрации СО по высоте фасада жилых зданий от средних по высоте источников (от 40 до 60 м) отмечаются при скорости ветра от 5 до 6 м/с. При слабом ветре от 1 до 2 м/с происходит скопление выбрасываемых газов от низких источников (высота источника ниже 15–20 м). Данные закономерности подтверждаются результатами исследований других авторов [3].

Для исследования влияния типа застройки по отношению к источнику на распределение концентраций по высоте зданий (H), отбор проб производился в восьми точках района с наветренной и подветренной стороны, посередине длины зданий (рис. 1): точки 1 и 2 — фронтальная застройка на расстоянии 300 м от источника высотой $H_{\text{и}} = 60$ м; точки 3 и 4 — торцевая застройка, расположенная под углом к источнику высотой 22 м на расстоянии 150 м; точки 5 и 6 — периметральная застройка на расстоянии 550 м от источника высотой 60 м; точки 7 и 8 — фронтальная застройка на расстоянии 750 м от источника высотой 60 м. Значения изменения концентрации отработавших газов по высоте представлены в относительных значениях, где за единицу взята концентрация на высоте 1,5 м.

В каждой точке проводился отбор по высоте на уровне: 1,5 м от земли, в зоне дыхания; 15 м от земли, середина высоты здания; 30 и 33 м, уровень последнего этажа; минимальное количество измерений в каждой

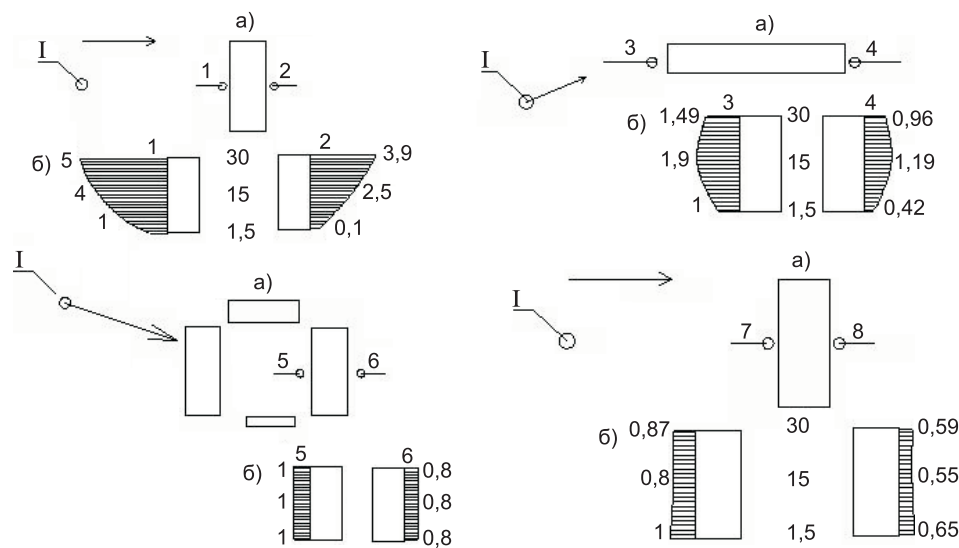


Рис. 1. Изменение концентрации СО по высоте жилых зданий в точках отбора проб: точки 1 и 2 — $H_{\text{и}} > H_{\text{зд}}$; точки 3 и 4 — $H_{\text{и}} > H_{\text{зд}}$; точки 5 и 6 — $H_{\text{и}} > H_{\text{зд}}$; точки 7 и 8 — $H_{\text{и}} > H_{\text{зд}}$. I — точечный источник выброса

План здания: точки отбора проб: 1, 3, 5, 7 — наветренный фасад; 2, 4, 6, 8 — подветренный фасад (а). Эпюры концентраций по высоте фасада зданий на уровнях 1,5; 15; 30 м (б); — направление ветра

точке — 20 в течение месяца. Всего за 2006–2007 гг. было сделано для каждого здания по высоте 120 проб. Уровень загрязнения на промежуточных высотах получен по формуле Лагранжа — интерполяционного полинома второй степени [4]:

$$C = \sum_{i=0}^n c(h_i) \cdot \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{(h - h_j)}{(h_i - h_j)},$$

где $c(h_i)$ — значение функции в узловой i -й точке, мг/м³;

h — высота от поверхности земли, м;

h_i — высота в узловой i -й точке, м;

h_j — высота в j -й точке, м.

При анализе концентраций со стороны наветренного и подветренного фасадов от источника высотой 60 м (рис. 1, точки 1 и 2) оказалось, что содержание СО в наружном воздухе с высотой увеличивается, превышения отмечаются с 4–5-го этажей для наветренного фасада, с 9–10-го — для подветренного. Самые высокие концентрации при средней скорости ветра 5–6 м/с со стороны наветренного фасада выявлены на 8–9-м этаже, где в середине здания концентрация уменьшается в 1,3 раза, а на уровне 1,5 м концентрация незначительна — 0,34 ПДК_{м.р.} (максимально разовая). Необходимо подчеркнуть, что расстояние 300 м, на котором находится здание от источника воздействия, является границей санитарно-защитной зоны предприятий III класса опасности.

Второй источник был выбран по высоте ниже здания — 22 м (рис. 1, точки 3 и 4), причем здание расположено на территории санитарно-защитной зоны. Отбор проб в этих точках показал, что концентрации по высоте изменяются незначительно и не превышают ПДК_{м.р.}. Это, возможно, связано с тем, что здание относится к торцевому типу застройки, расположенной под углом по отношению к источнику, что не приводит к скоплению газов перед фасадом здания. Максимальные концентрации отмечены на 7-м этаже, так как источник ниже по высоте, чем здание.

Замеры концентрации СО при периметральной застройке в точках 5 и 6 (рис. 1) показали, что концентрации СО по высоте в наружном воздухе перед фасадом зданий не изменяются. Концентрация со стороны наветренного фасада составляет 0,85 ПДК_{м.р.}, подветренного — 0,7 ПДК_{м.р.}. На расстоянии 750 м от источника концентрация СО на уровне 1-го и 2-го этажей — 1,2 ПДК_{м.р.} в точке 7 со стороны наветренного фасада, на последнем не превышает норму 0,7 ПДК_{м.р.}. Со стороны подветренного фасада в точке 8 концентрация на всех высотах находится в пределах нормы.

В дальнейшем для десятиэтажных зданий при перпендикулярном направлении ветра (как наиболее неблагоприятном ветре по отношению к зданию) были найдены границы аэродинамических теней: наветренной (I) и подветренной (II) (рис. 2) [1].

Результат измерений концентраций СО по высоте зданий был представлен в виде функции от безразмерной длины ($X = h/H$, где H — высота здания). Величину концентрации по высоте также представили в безразмерном виде по отношению к максимальной ($Y = C/C_{\max}$, где C_{\max} — максимальная концентрация по высоте здания, C — концентрация на высоте h).

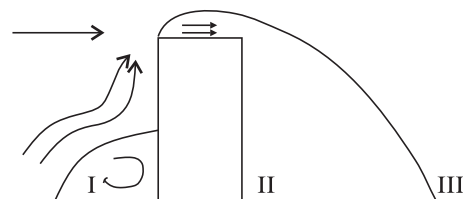


Рис. 2. Границы аэродинамических теней здания

I — наветренная тень; II — подветренная тень; III — за границами аэродинамической тени

Обработка экспериментальных данных позволила получить эмпирические зависимости величины концентрации СО от высоты фасада здания с наветренной и подветренной сторон. За пределами аэродинамической тени (III) были рассчитаны величины концентрации СО по высоте и также получены зависимости.

В таблице приведены зависимости для источника по высоте выше, чем здание $H_n > H$ ($H_n = 60$ м, $H = 33,75$ м). Из данных зависимости следует, что закономерности распределения примесей в зоне аэродинамической тени и за ее пределами нельзя описать единой формулой. При других вариантах застройки значения численных коэффициентов могут быть и другими, а возможно, и сам вид многочленов будет иным.

Графически зависимость величины концентрации СО от высоты с учетом границ ветровых теней представлена на рис. 3, откуда видно, что, когда источник по высоте выше здания, величина концентрации СО по этажам увеличивается. Следует отметить, что концентрация с наветренной стороны здания во всех точках выше, чем с подветренной на 60–90%. Самые высокие концентрации СО на уровне среднего 0,5(h/H) и последнего этажей здания 1(h/H) отмечены на расстояниях 0,5–0,7 x_m . На уровне первого этажа 0,04(h/H) самые низкие концентрации отмечаются на расстоянии 0,3 x_m , а в дальнейшем концентрация постепенно увеличивается до 0,9 x_m . За пределами аэродинамической тени (III) зависимость концентрации СО от высоты имеет линейный характер. Здесь вели-

x/x_m	Наветренная сторона (I)	Подветренная сторона (II)	За пределами аэродинамической тени (III)
0,3	$Y = -0,8031X^2 + 1,7209X + 0,0670$	$Y = -0,5122X^2 + 1,5288X + 0,0051$	$Y = 0,8590X - 0,0481$
0,5	$Y = -1,5356X^2 + 2,2117X + 0,2406$	$Y = -1,2459X^2 + 2,0008X + 0,0977$	$Y = 0,6732X + 0,0564$
0,7	$Y = -1,6300X^2 + 2,3486X + 0,2831$	$Y = -1,6300X^2 + 2,2486X + 0,2829$	$Y = 0,3878X - 0,2984$
0,9	$Y = -0,3001X^2 + 0,2541X + 0,4831$	$Y = -0,2914X^2 + 0,2213X + 0,4512$	$Y = -0,0020X + 0,3805$

П р и м е ч а н и е. x — расстояние от устья источника до фасада здания, м; x_m — расстояние, на котором достигается максимально приземная концентрация (C_m).

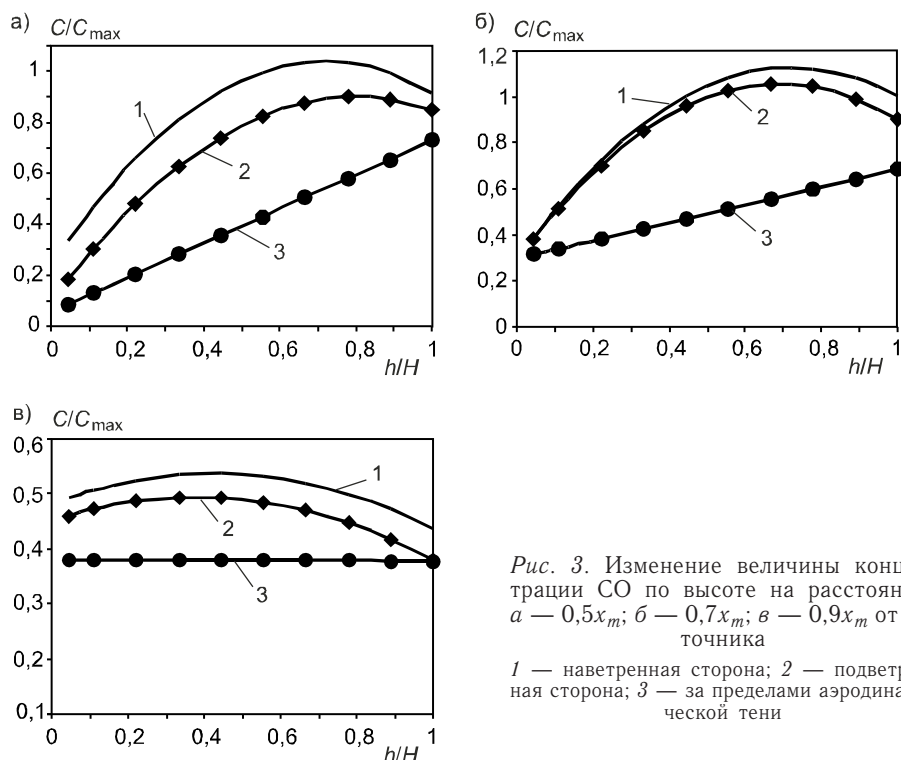


Рис. 3. Изменение величины концентрации СО по высоте на расстоянии: а — $0,5x_m$; б — $0,7x_m$; в — $0,9x_m$ от источника
 1 — наветренная сторона; 2 — подветренная сторона; 3 — за пределами аэродинамической тени

чина концентрации СО по высоте ниже, чем с наветренной и подветренной сторон здания.

В точках отбора проб проводился расчет вертикального распределения концентраций СО по методике [1]. В результате в точках, близких к приземной части здания на уровне 1,5 м, концентрации СО, полученные экспериментально, резко отличаются от расчетных (рис. 4). Из рисунка видно, что величина ошибки тем больше, чем ближе расчетная точка к угловой зоне, где образуются вторичные рециркуляционные течения (см. рис. 2). На уровне первого этажа $0,05(h/H)$ от поверхности земли методика ОНД-86 занижает величину концентрации на 60%, на уровне середины здания $0,5(h/H)$ — на 33,4%, на уровне последнего этажа $1(h/H)$ — на 18,5%.

Таким образом, ошибка велика, особенно на уровне 1,5...2 м, что очень важно для определения места воздухозабора приточной вентиляции зданий.

Для исследования влияния качества наружного воздуха на состояние внутреннего определялись концентрации СО также в жилых помещениях, которые были выбраны на 1, 5, 9-м (или 10-м) этажах. Отбор проб в помещениях проводился при неблагоприятных метеорологических условиях (скорость и направление ветра) при двух режимах: полностью закрытые оконные проемы (за счет инфильтрации); в режиме проветрива-

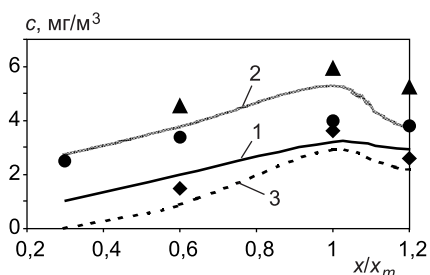


Рис. 4. Сравнение расчетных и экспериментальных значений концентраций СО по высоте жилых зданий на различных расстояниях от источника высотой 22 м.

Результаты расчета по методике ОНД-86:
 1 — $c(1,5 \text{ м})$; 2 — $c(15 \text{ м})$; 3 — $c(33,75 \text{ м})$.

Результаты экспериментальных данных:
 ● $c(1,5 \text{ м})$; ▲ $c(15 \text{ м})$; ◆ $c(33,75 \text{ м})$

ния (при открытой оконной форточке). Причем влияние источников бытового происхождения было исключено, так как отсутствовали газовые плиты и газонагревательные приборы.

В результате выявлена взаимосвязь между качеством наружного воздуха перед фасадом жилых зданий и качеством воздушной среды жилых помещений от точечных источников: при закрытых окнах в жилых помещениях наблюдается концентрация оксида углерода, достигающая 15% от концентрации перед фасадом здания на расстоянии более 150 м от источника; до 90% — на расстоянии до 150 м; в режиме проветривания — до 90%.

Вывод. Из сказанного следует, что в условиях существующей городской застройки наиболее надежную информацию о рациональном месте выбора воздухозабора можно получить на основании натурных обследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Общесоюз. норматив. док. ОНД-86.— Л.: Гидрометеоиздат, 1987.— 42 с.
2. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы.— М.: Гос. ком. СССР по гидрометеорологии, 1991.— 683 с.
3. Безуглая Э. Ю. К оценке метеорологических условий загрязнения атмосферы/Э. Ю.Безуглая//Тр. ГТО.— 1984.— Вып. 479.— С. 87–88.
4. Калиткин Н. Н. Численные методы/Н. Н. Калиткин.— М.: Наука, 1978.— 512 с.

© Германова Т. В., Литвинова Н. А., 2008

Получено после доработки 25.03.08

В ЛАБОРАТОРИЯХ ВУЗОВ

УДК 697.932.6 : 001.4

Р. Г. САФИУЛЛИН, канд. техн. наук, доц. (Казанский государственный архитектурно-строительный университет);

В. А. ПРОТОПОВ, канд. техн. наук (ООО «Шлиф», г. Челябинск)

О ДИСПЕРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПОРИСТЫХ ВРАЩАЮЩИХСЯ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Выполнены эксперименты по распыливанию дистиллированной воды с помощью образцов пористых вращающихся распылителей на основе стандартных абразивных изделий из микропорошка марки М10 и М20 (размер зерен 10 и 20 мкм соответственно). Полученные кривые дисперсности капель показывают наличие двух экстремумов: малый пик, указывающий на размер капель-спутников; большой пик, соответствующий диаметру основных капель.

Многие тепломассобменные процессы в вентиляции и кондиционировании (осушка, увлажнение, испарительное охлаждение, утилизация отходящей теплоты) проводятся при непосредственном контакте распыленной воды с воздухом. Распыливание воды широко используется в аппаратах для очистки дымовых газов, в том числе от твердых взвешенных частиц, а также при обеспыливании помещений.

Эффективность процессов существенно зависит от степени монодисперсности и тонкости распыла в контактных аппаратах. В последние годы интенсивно исследуются пористые вращающиеся распылители (ПВР) на основе абразивных материалов [1, 2], создающие практически монодисперсный факел распыла. Высокая степень монодисперсности получаемых

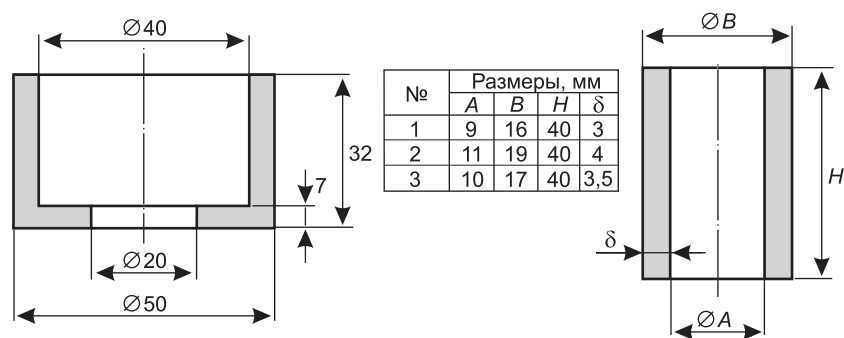


Рис. 1. Серийные изделия ЧЦ и ПП, примененные в конструкции ПВР

капель обусловливается структурой абразивов, имеющих изотропную пористость и практически монодисперсный гранулометрический состав.

Тонкость распыла зависит от размеров зерен ПВР и скорости вращения. По данным [1] при окружных скоростях $v > 20$ м/с ПВР из электрокорунда зернистостью 25П и 40П (с размерами основной фракции зерен $d_3 = 250$ и 400 мкм соответственно) позволяют получать объемный факел распыла с практически монодисперсными каплями диаметром 100...200 мкм.

ПВР на основе абразивных микропорошков из зерен $d_3 = 10...20$ мкм теоретически способны формировать капли диаметром менее 20...50 мкм. Именно таким средним размером характеризуется распыл у пневматических и гидравлических форсунок высокого давления, традиционно используемых в камерах орошения и скрубберах. Необходимость выполнения настоящей работы объясняется отсутствием экспериментальных данных о качестве распыления с помощью ПВР из абразивов с малым номером зернистости.

Эксперименты проводились с ПВР на основе серийно выпускаемых абразивных изделий типа ЧЦ (чаши цилиндрические) и ПП (прямого профиля) из электрокорунда белого (Al_2O_3) марки 24А с размером основной фракции зерна 7...10 и 14...20 мкм, что соответствует марке зернистости М10 и М20 соответственно [3]. Основные размеры опытных образцов ПВР показаны на рис. 1.

Абразивный порошок сформирован в изделие методом литья на керамической плавящейся связке К20, представлявшей собой смесь талька, полевого шпата, борного стекла и глины. Химический состав керамической связки характеризуется содержанием в ней до 80% SiO_2 и Al_2O_3 . Опытные образцы имели объемную пористость $\epsilon = 0,33...0,36$ (33...36%).

Экспериментальный стенд показан на рис. 2. Он включает электропривод 1 с пятью фиксированными значениями оборотов вала $n = 15000, 20000, 25000, 30000$ и 35000 об./мин. Распылитель 3 жестко установлен на подложку (рис. 2, б) и крепится на валу двигателя 1 с помощью цанги 2.

Вода подавалась в распылитель 3 из питающей мерной емкости 4 объемом 100 мл. Расход воды в экспериментах изменялся от 0,5 до 2,8 л/ч. Регулирование расхода осуществлялось вентилем 5. Распыленная вода через приемный бункер 6 направлялась в сборную емкость 7.

Выборка требуемой совокупности капель для регистрации их дисперсного состава выполнялась с помощью отборного устройства 8 через окно 9. Время экспозиции потока капель через отборное окно устанавливалось с помощью ирисовой диафрагмы 10.

Капли воды улавливались в кювету 11 с иммерсионной средой, имеющей такую же плотность, как и вода. Здесь капли приобретали сферическую форму и фотографировались в проходящем свете с помощью веб-камеры 12 (800×600), установленной на окуляре микроскопа 13 (БСМ-1) с

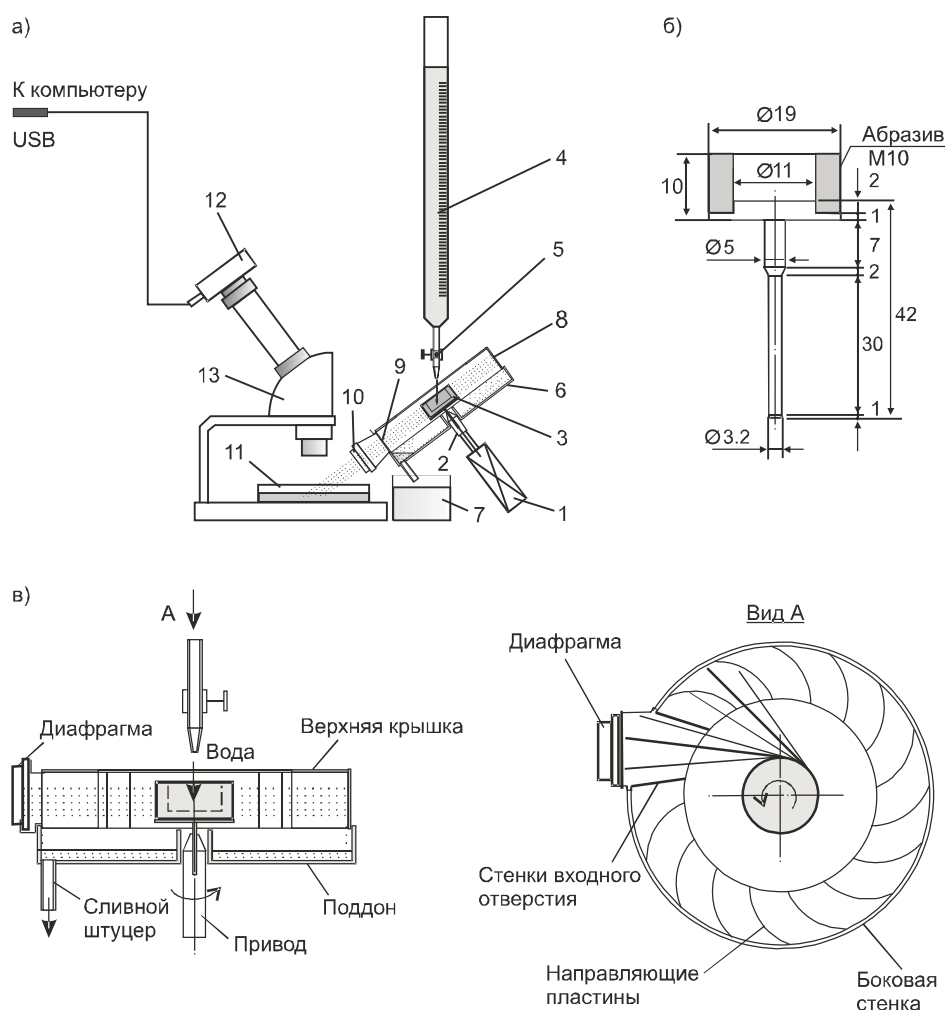


Рис. 2. Схема установки (а), конструкции опытных образцов ПВР (б) и отборного устройства (в)

56-кратным увеличением. Изображение от камеры 12 в режиме реального времени передавалось напрямую через USB-вход компьютера и далее — на экран монитора.

Дисперсные характеристики опытных образцов ПВР-М10 с наружными диаметрами 19 и 16 мм в виде диаграмм распределения капель в распыле показаны на рис. 3, из которого видно, что на небольших оборотах (до 15000 об./мин) факел распыла у ПВР-М10 имеет существенную полидисперсность, уменьшающуюся с увеличением скорости вращения. Так, при окружной скорости $v > 26$ м/с значительно возрастает число капель, имеющих средний диаметр 30...40 мкм (более 50%).

Из рис. 3 также видно, что распределение капель в распыле имеет два экстремума: малый пик, указывающий на размер капель-спутников, и большой пик, соответствующий диаметру основных капель. Если с увеличением скорости вращения размер основных капель уменьшается значительно (от 55...45 до 33...35 мкм), то диаметр спутников практически не изменяется и остается равным примерно 5 мкм. Аналогичная картина наблюдается в дисперсных характеристиках ПВР-М20.

При окружной скорости $v > 30$ м/с ($n = 30000...35000$ об./мин) в дисперсности распыла наблюдаются существенные изменения. Крупные фракции пропадают, диапазон размеров капель сужается. При $v = 36,6$ м/с более 50% капель имеют диаметр 20...40 мкм. Возрастает и

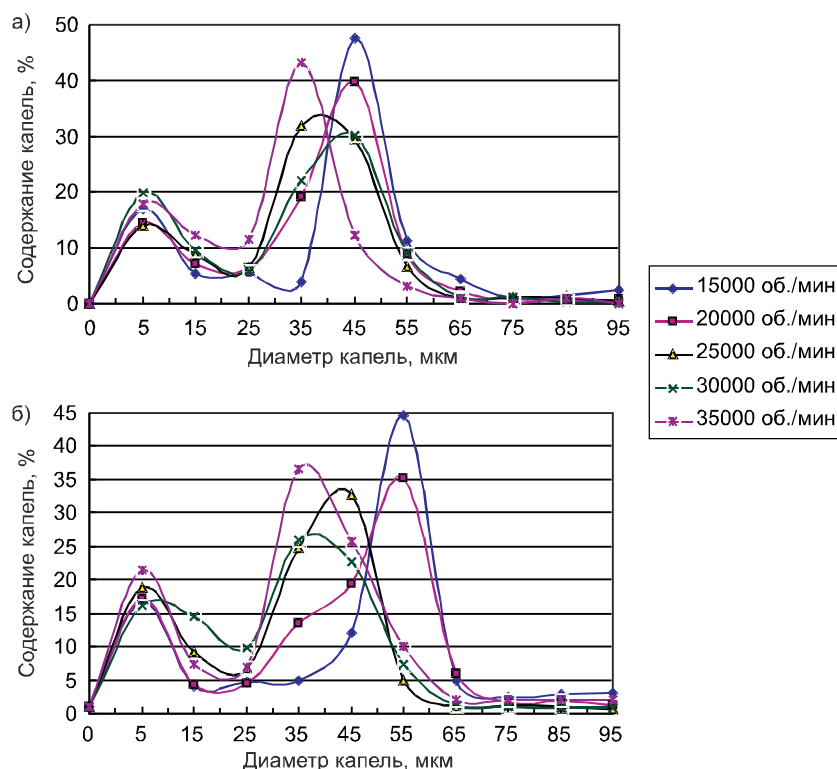


Рис. 3. Дисперсность распыла ПВР-М10

а — наружный диаметр $D_{\text{н}} = 19$ мм; *б* — $D_{\text{н}} = 16$ мм

доля мелких фракций — в распыле содержится до 30% капель размером менее 20 мкм. Можно утверждать, что при данной скорости вращения ПВР из абразива достигает границы монодисперсного режима.

Получить большую степень монодисперсности распыла ПВР данной конструкции не представляется возможным. В соответствии с данными [3] предельная окружная скорость вращения, при которой может наступить разрушение изделия, зависит от твердости материала абразива (таблица).

Твердость абразивного материала	Окружная скорость v , м/с
М-СМ	25...50
С	20...40
СТ	15...40
Т	5...20

Опытные образцы ПВР имеют марку твердости СТ. Достигнутая в экспериментах скорость $v = 36,6$ м/с была близка к критическим значениям для данной марки абразива.

На рис. 4 представлены экспериментальные данные о зависимости среднего диаметра капель от окружной скорости вращения ($d_{\text{к}} = f(v)$) для ПВР-М10. Там же нанесены опытные точки для ПВР-М20 со средним диаметром зерен $d_3 = 20$ мкм, полученные при $n = 6000, 8500, 10000, 12500$ и 15000 об./мин.

Сплошные линии на рис. 4 построены по зависимости для отрывного диаметра капель $d_{\text{к}}$, полученной из баланса сил, действующих на каплю в центробежном поле:

$$d_{\text{к}} = k \cdot \sqrt[3]{\frac{6d_3\sigma}{\rho R\omega^2}},$$

где d_3 — диаметр зерна абразива, м;
 R — наружный радиус распылителя, м;
 ω — угловая скорость вращения, 1/с;

— коэффициент поверхностного натяжения, Н/м;

— плотность жидкости, кг/м³;

k — опытный коэффициент, значение которого в экспериментах составило 0,75.

Пунктирные линии на рис. 4 соответствуют $k = 0,52$. Это значение опытного коэффициента было получено при исследовании характеристик распыла ПВР из абразивного материала 25П с размером зерна 250 и 400 мкм, работающих в монодисперсном режиме распыления [1].

Расхождение (+70%) можно объяснить отличием в технологии изготовления абразивных изделий марки М10 20 и 25П. Для получения монодисперсного распыла необходимо условие — выступание монодисперсных центров каплеобразования (зерен абразива) на распыляющей поверхности. Такую структуру можно получить технологией спекания шлифовального порошка в изделие, которая была использована в [1] для ПВР марки 25П.

При производстве изделий из микропорошков применяется технология литья. При литье поверхностный слой зерен практически весь покрывается слоем керамической связки, и в результате получается не «зернистая», а «гладкая» поверхность, испещренная порами. Влияние технологии изготовления на структуру рабочей поверхности ПВР требует отдельного рассмотрения.

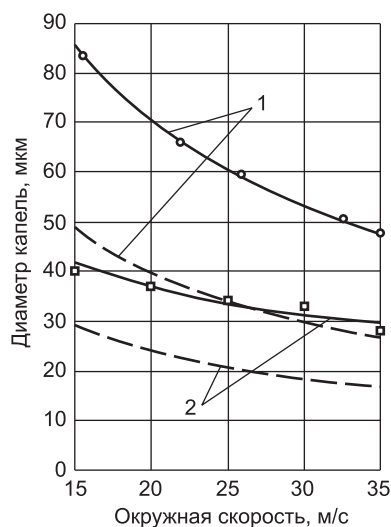


Рис. 4. Зависимость размеров капель от скорости вращения ПВР
1 — ПВР-М20; 2 — ПВР-М10; □ эксперимент; ○ опытные данные

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесник А. А. Пористые вращающиеся распылители жидкости / А. А. Колесник, Н. А. Николаев // Теор. осн. хим. технол. — 1986. — Т. 40. — № 6. — С. 485–495.
2. Сафиуллин Р. Г. Диспергирование жидкости пористыми вращающимися распылителями. Модели каплеобразования / Р. Г. Сафиуллин, Н. А. Николаев, В. Н. Посохин и др. — Казань, 2004. — 64 с.
3. Гаршин А. П. Абразивные материалы / А. П. Гаршин и др. — Л.: Машиностроение, 1983. — 230 с.

© Сафиуллин Р. Г., Протопопов В. А., 2008

Получено 28.01.08

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ УЧЕНЫЙ-НОВАТОР, ПЕДАГОГ

(к 70-летию Л. В. Енджиевского)



Лев Васильевич Енджиевский родился 12 апреля 1938 г. в Ленинграде. Вся его трудовая деятельность неразрывно связана со становлением и развитием Красноярского политехнического института, далее Красноярского инженерно-строительного института, Красноярской архитектурно-строительной академии, с 2006 г. Сибирского федерального университета. Он был студентом первого набора строительного факультета Красноярского политехнического института (КПИ) (1956–1961 гг.).

После окончания с отличием КПИ сначала работал в том же институте ассистентом, потом был аспирантом (1963–1966 гг.), а в дальнейшем доцентом и старшим научным сотрудником кафедры «Строительная механика», деканом строительного факультета, а с 1984 по 2008 г. — заведующий кафедрой «Строительные конструкции».

С 1963 г. Л. В. Енджиевский проводил научные исследования по фундаментальному направлению «Механика твердого деформируемого тела» по подразделам: «Статика и динамика пространственных конструктивных форм, включая плоские пластинчатые и коробчатые системы в упругой стадии» (1963–1967 гг.); «Вариационные формулировки и вариационно-разностные алгоритмы расчета многоконтактных ребристых плит и оболочек с учетом физической и геометрической нелинейностей; неоднородные анизотропные тонкостенные конструкции» (1984–2000 гг.); «Новые конструктивные формы в привязке к строительным объектам»; «Техническая диагностика, усиление, проблемы живучести различных инженерных сооружений».

В 1967 г. Л. В. Енджиевский защитил кандидатскую диссертацию «Матричный метод расчета пластинчатых систем», в 1982 г. им была издана монография «Нелинейные деформации ребристых оболочек», а в 1984 г. в МИСИ им. В.В. Куйбышева он защитил докторскую диссертацию с одноименным названием.

В 1986 г. Л. В. Енджиевскому присвоено звание профессора по кафедре «Строительные конструкции», в 1994 г. он избран членом-корреспондентом РААСН, в 1999 г. — действительным членом Международной академии наук высшей школы. В 2006 г. указом Президента РФ ему присвоено звание «Заслуженный деятель науки РФ».

Профессор Л. В. Енджиевский — один из инициаторов широкого внедрения в учебные курсы строительной механики и строительных конструкций, вопросов синтеза, регулирования и оптимизации. Он является соавтором изданного с грифом Минвуза СССР учебного пособия «Избранные задачи по строительной механике и теории упругости» (Строй-

издат, 1987 г.) и его последующих изданий, учебного пособия с грифом Минвуза РСФСР «Регулирование, синтез, оптимизация» (Красноярск, 1985 г.; Стройиздат, 1993 г.) и пособия «Современные аспекты активного обучения. Строительная механика. Теория упругости. Управление строительными конструкциями» (Красноярск, 2007 г.) — все они используются во многих вузах нашей страны и за рубежом.

Л. В. Енджиевский является соавтором трехтомного учебника с грифом Минобразования РФ «Металлические конструкции» (Высшая шк. 1997–1999, переиздания 2001–2002 гг. и 2004 г.). С грифом Минобразования России издано учебное пособие «Каркасы зданий из легких металлических конструкций и их элементы» (Изд-во АСВ, 1998 г.), которое было отмечено дипломом РААСН на конкурсе научных работ.

Результаты исследований Л. В. Енджиевского нашли отражение в более чем 160 публикациях, в том числе в трудах международных симпозиумов и конференций, в 18 монографиях и учебных пособиях, 20 изобретениях и патентах. Под его руководством выполнены и успешно защищены 11 кандидатских и две докторские диссертации.

Л. В. Енджиевский проводит большую научно-общественную работу. Он является членом координационного совета по строительству при администрации Красноярского края; председателем специализированного совета по защита докторских и кандидатских диссертаций при Сибирском федеральном университете по двум специальностям (05.23.01 — Строительные конструкции, здания и сооружения; 05.23.05 — Строительные материалы и изделия) и членом докторского диссертационного совета при Томском ГАСУ; входит в состав диссертационных советов в Челябинском политехническом институте, Новосибирском ГАСУ, Красноярском аэрокосмическом университете.

За успехи в области образования и научно-исследовательской деятельности Л. В. Енджиевский награждался почетными грамотами, знаками государственного комитета СССР по народному образованию и Минвуза РСФСР; в 1999 г. отмечен отраслевой наградой Минобразования РФ «Почетный работник высшего профессионального образования РФ», награжден юбилейной медалью «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина» (1970 г.) и медалью «Ветеран труда» (1986 г.); дипломами РААСН, благодарственными письмами и грамотами от руководства Красноярского края и г. Красноярска. В 2003 г. ему присвоено звание «Почетный строитель Российской Федерации». В 2004 г. он отмечен дипломом лауреата профессорской премии главы администрации г. Красноярска.

Лев Васильевич проявил себя как крупный организатор науки и образования, объединив под своим руководством деятельность многих кафедр и создав новую научно-материальную базу и условия для подготовки и повышения квалификации кадров.

*ПОЗДРАВЛЯЕМ УВАЖАЕМОГО ЛЬВА ВАСИЛЬЕВИЧА
С ЮБИЛЕЕМ И ЖЕЛАЕМ ЕМУ УСПЕХОВ ВО ВСЕМ*

**КОЛМАКОВ В. И., первый проректор
Сибирского федерального университета**

КРУПНЫЙ УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ И ОРГАНИЗАТОР НАУКИ



11 мая 2008 г. исполнилось 70 лет Равилу Зуфаровичу Рахимову, доктору технических наук, профессору, члену-корреспонденту РААСН, председателю Казанского Представительства Волжского Регионального отделения РААСН, заслуженному деятелю науки РФ, Почетному строителю России, Почетному работнику высшего профессионального образования России, заслуженному деятелю науки и техники Татарской АССР, лауреату Государственной премии Республики Татарстан в области науки и техники, Почетному доктору наук Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, заведующему кафедрой «Строительные материалы» Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

Р. З. Рахимов родился в пос. Кокташ Кокташского района Таджикской ССР, в 1956 г. окончил среднюю школу,

а в 1961 г. — Казанский инженерно-строительный институт по специальности «инженер-строитель-технолог». Работая на производстве мастером, затем начальником производственно-технического отдела, он поступил в 1964 г. в аспирантуру и в 1967 г. в МИСИ защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование разрушения твердых полимеров под действием статических нагрузок», а в 1985 г. во ВЗИСИ — докторскую диссертацию «Стойкость строительных конструкционных композитов на основе олигомеров под действием агрессивных сред, повышенных температур и механических нагрузок». Более 40 лет Равиль Зуфарович трудится в вузе, пройдя путь от ассистента до декана, проректора по научной работе (1976–1988 гг.), заведующего кафедрой (с 1980 г.). По его инициативе и под его редакцией с 1978 по 1992 г. изданы 15 выпусков межвузовских сборников научных трудов «Работоспособность строительных материалов под действием различных эксплуатационных факторов», опубликована его монография «Расчет физико-механических свойств и долговечности полимерных композитов под действием агрессивных сред, повышенных температур и механических нагрузок».

С 1995 г. под руководством профессора Р. З. Рахимова ведутся исследования по изучению сырьевой базы и разработке перспективных направлений развития промышленности строительных материалов областей и республик Волжского региона РФ; при его научном сопровождении и непосредственном участии в республике организовано производство отделочных декоративных растворов на акриловых связующих и рулонных кровельных материалов на стеклотканевой основе, разработаны составы и технология производства многокомпонентных и многофазовых гипсовых вяжущих, доломитового цемента и гидравлической извести повышенной прочности и водостойкости, композиционных шлакощелочных вяжущих, минеральных пигментов и сухих строительных смесей на основе местного сырья, конструктивно-теплоизоляционных и теплоизоляционных керамических материалов.

Р. З. Рахимов является автором и соавтором более 560 публикаций, среди которых 17 монографий, более 30 авторских свидетельств и патентов, 5 изданий учебника для вузов «Строительные материалы», 3 учебных пособия, 1 межгосударственный стандарт, около 500 научных статей.

Разработки Р. З. Рахимова отмечены медалями и дипломами РААСН, ВВЦ, различных выставок и конкурсов, изобретений и инновационных проектов.

Он осуществляет успешное руководство аспирантурой и докторантурой, подготовил двух докторов и 14 кандидатов технических наук, является председателем диссертационного совета.

С созданием Российской академии архитектуры и строительных наук Р. З. Рахимов избирается членом-корреспондентом и уже более 10 лет входит в состав бюро Отделения строительных наук. Он был организатором проведения в Казани двух (1996 г.) и десяти (2006 г.) академических чтений РААСН по проблемам строительного материаловедения и ответственным редактором шести сборников научных трудов этих чтений.

Равиль Зуфарович известен не только как ученый и педагог, но и как человек большой доброты, широкой эрудиции и интересов: любитель романсов и песен, природы, турист, рыбак, шахматист и, наконец, заводила и незаменимый тамада в компании.

Благодаря личным качествам, высокому трудолюбию, целеустремленности, способности мыслить широко и масштабно, Р. З. Рахимову удалось стать одним из ведущих ученых России в области строительного материаловедения и внести весомый личный вклад в современную отечественную науку и практику.

*КОЛЛЕГИ, СОТРУДНИКИ И МНОГОЧИСЛЕННЫЕ УЧЕНИКИ
СЕРДЕЧНО ПОЗДРАВЛЯЮТ
УВАЖАЕМОГО РАВИЛЯ ЗУФАРОВИЧА РАХИМОВА С ЮБИЛЕЕМ
И ЖЕЛАЮТ ЕМУ ЗДОРОВЬЯ, БЛАГОПОЛУЧИЯ, СЧАСТЬЯ
И ДАЛЬНЕЙШИХ ТВОРЧЕСКИХ УСПЕХОВ*

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА ПРИСОЕДИНЯЕТСЯ К ПОЗДРАВЛЕНИЯМ
И ПОЖЕЛАНИЯМ ЮБИЛЯРАМ

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ И УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ

В НГАСУ (Сибстрин) разработана новая технология устройства фундаментов. Эта своевременная разработка будет востребована в строительстве, так как стоимость жилых зданий в значительной мере зависит от затрат на устройство фундаментов. При современных интенсивных темпах строительства снижение затрат на устройство фундаментов представляется в достаточной мере актуальной проблемой. Применение разрабатываемой технологии позволит отказаться от свайных фундаментов. Стоимость устройства фундаментов при этом уменьшается в 2...3 раза, и значительно сокращаются сроки выполнения работ (погружение рабочего органа на глубину 2,9 м в грунт категории II и его извлечение составляет 5...7 мин). При выштамповке котлованов для уплотнения грунтов производительность составляет 30...40 котлованов за смену.

Эти данные получены на основании эксплуатации опытного образца машины. По разработанной технологии и специальным проектам произведено устройство оснований с помощью агрегата на шести объектах 10–17-этажных домов в г. Новосибирске. Разработана техническая документация и начато изготовление второго улучшенного агрегата при строительстве шести объектов многоэтажных жилых домов в г. Новосибирске.

Аналогов предлагаемого агрегата в настоящее время нет как в России, так и за рубежом.



Разработчик:

Миронов В. С., канд. техн. наук, проф. (НГАСУ (Сибстрин)).

630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

E-mail ntio-ngasu@yandex.ru

Internet: www.sibstrin.ru/innovation

Тел./факс: (383)266-28-89