СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

Немировский Ю.В. Расчет деревянных конструкций с учетом
неоднородности свойств5
Митасов В.М., Жарикова А.Н. Элементы сборных фундаментов
арочного типа
Безделев В.В., Трутаев С.Ю., Трутаева В.В. Применение
инновационных технологий при разработке проекта
реставрации Спасской церкви в г. Иркутске
и обеспечении ее сейсмостойкости21
Шведов В.Н., Прижукова Е.Л., Королев В.В.,
Казанина Л.К., Хаванская Н.А. Перспективы
современного малоэтажного домостроения
Борисов С.В. Принципы построения объемно-
планировочной композиции современных
приходских храмов
Королев В.В. Экологический аспект в формировании
и развитии города Новосибирска42
Петренева О.В. Правовые основы градостроительной
деятельности
Черкасов В.Г., Крылов И.И. Экспериментальные
исследования фрикционных клееболтовых
соединений тонкостенных элементов
Коваленко К.А., Кондратьев С.А. Исследование сорбционной
очистки сточных вод от мышьяка
Набиева О.Р. Оценка опасности загрязнения водной среды
при разрыве подводного трубопровода
Плетнев А.С. Экспериментальное исследование волн прорыва
в русле прямоугольной формы поперечного
сечения, стесненного препятствием в виде
призматических выступов треугольной формы
поперечного сечения
Ильина Л.В., Бердов Г.И., Машкин Н.А. Методы активации
цементов, хранившихся длительное время,
и свойства материалов на их основе

Исследование техногенных продуктов
как сырья для стройиндустрии77
Чусовитин Н.А. К вопросу параметрического
исследования перемешивающего механизма 84
Методы повышения эффективности
стратегического планирования развития
предприятий90
В., Пятых Н.В. Эффективность инжиниринга
строительных проектов95
А.В. Каменно-набросные плотины на Севере
с противофильтрационными устройствами
из бентонитовых матов
ОЧНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ
Parameter C.M. III and the I.O.C. Value and the I.O.C. Value and I.O.C. Va
Зеркаль С.М., Шевченко Ю.С. Компьютерная
технология амплитудно-частотной обработки инженерно-сейсмических данных
_
дяк В.Я. Устойчивость течений жидкости
в зазоре между соосными цилиндрами
Сраснолуцкий С.Л., Иванов Д.А. О построении
потенциала взаимодействия наночастиц
.В. Новый алгоритм двумерной томографии
по неполным проекционным данным
ешение систем квадратичных уравнений в задачах
СВЧ-зондирования импедансных объектов 143
Баланчук Т.Т. Определение трудозатрат
при балльно-рейтинговой оценке текущей
успеваемости студентов
ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ
OBELITIBLE HASKI
.А. Матрица концепта 'Радость' в английском
языке
.и. Коммуникативная культура студентов
технического вуза

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 624.016

РАСЧЕТ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ НЕОДНОРОДНОСТИ СВОЙСТВ¹

Ю.В. Немировский*

Разработана методика расчета стержневых деревянных элементов конструкции при учете естественных особенностей дерева, связанных с его разносопротивляемостью растяжению-сжатию и неоднородностью свойств вдоль ствола дерева.

Древесина вследствие своего органического происхождения относится к анизотропным материалам. Различие в свойствах древесных пород и неоднородности свойств материала каждой породы связано с различием анатомического строения клеток ранней и поздней древесины, характером спирального расположения фибрилл, распределением влаги, климатических условий роста, особенностями почвенных оснований и даже с особенностями преимущественного проявления ветровых нагрузок. В связи с этим дерево как конструкционный материал обнаруживает ряд особенностей деформирования и разрушения, которые к настоящему времени не изучены в полной мере.

В ходе многочисленных и разнообразных испытаний образцов малых объемов и размеров сформировалась точка зрения, что древесина является ортотропным и однородным телом. На основе этих испытаний развиты методы расчета элементов деревянных конструкций [1–4]. В то же время экспериментально установлено, что вдоль ствола дерева в направлении от комля к вершине свойства деревянных образцов существенно изменя-

-

¹ Работа выполнена по гранту Министерства образования и науки РФ № 2.1.2/4822.

 $^{^*}$ Д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры строительной механики НГАСУ (Сибстрин)

ются [5, 6, 9] и образцы в условиях растяжения и сжатия обнаруживают различные свойства нелинейного деформирования. Таким образом, изделия из дерева при больших его линейных размерах в реальных условиях нагружения будут вести себя как неупругое и неоднородное тело, что должно быть учтено при разработке расчетных методик.

Правильный учет естественной неоднородности продольных свойств древесины позволит приспособить ее к конкретным условиям работы конструкций, упростить технологию и трудоемкость изготовления, снизить отходы пиломатериалов. В связи с этим, учитывая свойство разносопротивляемости образцов при растяжении и сжатии, как и в [7, 8], примем следующие зависимости между напряжениями и деформациями:

$$\sigma^{+}(\xi) = A_{1}^{+}(\xi)\varepsilon - A_{2}^{+}(\xi)\varepsilon^{2}, \quad \varepsilon \ge 0, \quad A_{1}^{+} > 0, \quad A_{2}^{+} > 0,$$

$$\sigma^{-}(\xi) = A_{1}^{-}(\xi)\varepsilon + A_{2}^{-}(\xi)\varepsilon^{2}, \quad \varepsilon \le 0, \quad A_{1}^{-} > 0, \quad A_{2}^{-} > 0,$$
(1)

где $A_1^{\pm}(\xi), A_2^{\pm}(\xi)$ — коэффициенты аппроксимации диаграмм деформирования образцов, вырезанных на разных расстояниях ξ от комля ствола дерева.

Немногочисленные обнаруженные в литературе данные [1–5] показывают, что модули упругости, плотности, пределы прочности для различных пород деревьев обнаруживают практически линейное уменьшение этих характеристик в направлении от комля к вершине. В связи с этим для коэффициентов A_1^{\pm} , A_2^{\pm} в выражениях (1) можно принять зависимости

$$A_{i}^{\pm}(\xi) = A_{0i}^{\pm} \left(1 - k_{i}^{\pm} \xi \right), \quad k_{i}^{\pm} \ge 0, \quad A_{i}^{\pm}(\xi) = A_{0i}^{\pm} e^{c_{i}^{\pm} \xi}, \quad c_{i}^{\pm} < 0.$$
 (2)

При проведении специальной целевой программы испытаний эти зависимости могут быть уточнены.

Соотношения (1), (2) позволяют исследовать на примере ряда простейших стержневых конструкций из дерева влияние неоднородности на их несущую способность и деформационную податливость.

Если деревянный брус использован в качестве колонны (рис. 1), то уравнение равновесия для него будет иметь вид

$$\frac{dN}{dx} - \gamma(\xi)F(x) = 0, \quad N(x) = \sigma(x)F(x), \tag{3}$$

где

$$\gamma(\xi) = \gamma_0 \left(1 - \frac{d_1}{\gamma_0} \xi \right) \text{ или } \gamma(\xi) = \gamma_0 e^{-c_1 \xi}, \tag{4}$$

 γ_0 — удельный вес древесины в окрестности комля, c_1 , d_1 — константы, ξ — координата, отсчитываемая вдоль ствола дерева от комля к вершине, ξ_0 — координата начального среза ствола в районе комля, x — текущая координата вдоль оси колонны, F(x) — площадь поперечного сечения колонны.



Рис. 1

Если l — длина колонны, то $x = \xi - \xi_0$, когда направление осей x и ξ совпадает, и $x = -\xi + \xi_0 + l$, когда оси x и ξ направлены в противоположные стороны. Если площадь поперечного сечения F(x) известна, то, интегрируя уравнение (3), при учете зависимостей (4) и граничного условия

$$N\big|_{r=l} = -P,\tag{5}$$

для напряжения $\sigma(x)$ получим выражение

$$\sigma^{-}(x) = \frac{N(x)}{F(\xi)}, \quad N(x) = -\left(P + \int_{x}^{t} \gamma(\xi)F(\xi)dx\right). \tag{6}$$

Деформация сжатия колонны в соответствии с законом (1) будет иметь выражение

$$\varepsilon^{-}(x) = \frac{dU^{-}(x)}{dx} = \varphi_{1}^{-}(x), \tag{7}$$

$$\varphi_{1}^{-}(x) = -\frac{A_{1}^{-}(\xi)}{2A_{2}^{-}(\xi)} + \sqrt{\frac{N(x)}{A_{2}^{-}(\xi)F(\xi)} + \left(\frac{A_{1}^{-}(\xi)}{2A_{2}^{-}(\xi)}\right)^{2}}, \quad (8)$$

откуда для перемещения нагруженного конца колонны получим

$$U_1^-(l) = \int_0^l \varphi_1^-(x) dx.$$
 (9)

Для проекта «равнопрочной» колонны при учете неоднородности свойств для напряжений $\sigma^-(x)$ следует принять равенство

$$\sigma^{-}(x) = \sigma_{*}^{-}(\xi), \tag{10}$$

где

$$\sigma_*^-(\xi) = -\sigma_{0*}^-(1 - r_1^- \xi) \text{ или } \sigma_*^-(\xi) = -\sigma_{0*}^- \exp(-r_2^- \xi), \quad (11)$$

 σ_{0*}^- , r_1^- , r_2^- – константы.

Подставляя напряжения (10) в уравнения равновесия (3), для площади F(x) получим уравнение

$$\frac{d}{dx}\ln(F(x)\sigma_*^-(\xi)) = -\frac{\gamma(\xi)}{\sigma_*^-(\xi)}.$$

Интегрируя его с учетом граничного условия (5), получим

$$F(x)\sigma_*^{-}(\xi) = -P \exp \int_x^l \frac{\gamma(\xi)}{\sigma_*^{-}(\xi)} dx.$$
 (12)

Уравнение для перемещения такого стержня будет иметь вид

$$\frac{dU^{-}(x)}{dx} = \varphi_{2}(x),$$

$$\varphi_{2}(x) = \frac{A_{1}^{-}(\xi)}{2A_{2}^{-}(\xi)} + \sqrt{\frac{\sigma_{*}^{-}(x)}{A_{2}^{-}(\xi)} + \left(\frac{A_{1}^{-}(\xi)}{2A_{2}^{-}(\xi)}\right)^{2}}.$$
(13)

Перемещение нагруженного конца такой колонны будет определяться равенством

$$U_{2}^{-}(l) = \int_{0}^{l} \varphi_{2}(x)dx. \tag{14}$$

Рассмотрим простейшую деревянную треугольную ферму, изображенную на рис. 2.

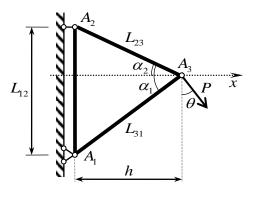


Рис. 2

Определяя обычным образом усилия в стержнях фермы, получим

$$N_{12} = P\cos\theta, \quad N_{32} = P\frac{\cos(\alpha_1 - \theta)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}, \quad N_{31} = -P\frac{\cos(\alpha_2 + \theta)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)},$$

$$N_{ik} = \sigma_{ik}(\xi_i)F_{ik}(\xi_i). \tag{15}$$

Далее, для определенности будем считать, что направление от комля к вершине стволов в элементах рассматриваемой фермы соответствует движению вдоль фермы по часовой стрелке. Если элементы фермы неравнопрочны, то напряжения в них определяются равенствами

$$\sigma_{ik}(\xi_i) = \frac{N_{ik}}{F_{ik}(\xi_i)}.$$
 (16)

Для стержней постоянного сечения имеем

$$F_{ik}(\xi_i) = F_{ik}^0 = \text{const.}$$

Учитывая закономерности деформирования (1), для деформаций стержневых элементов рассматриваемой фермы получим выражения

$$\varepsilon_{ik}^{\pm}(\xi_{i}) = \varphi_{ik}^{\pm}(\xi_{i}) = \pm \frac{A_{1(ik)}^{\pm}(\xi)}{2A_{2(ik)}^{\pm}(\xi)} \mp \sqrt{\left(\frac{A_{1(ik)}^{\pm}}{2A_{2(ik)}^{\pm}}\right)^{2} \pm \frac{\sigma_{ik}^{\pm}(\xi_{i})}{A_{2(ik)}^{\pm}}}.$$
 (17)

При известных значениях деформаций стержней, учитывая условия закрепления фермы, путем интегрирования нетрудно определить перемещения узлов. Здесь мы не станем загромождать статью соответствующими формулами.

При проектировании равнопрочной фермы для напряжений в элементах фермы будем иметь выражения

$$\sigma_{*(ik)}^{\pm} = \pm \sigma_{0*(ik)}^{\pm} \left(1 - r_{1(ik)}^{\pm} \xi_i \right) \text{ или } \sigma_{*(ik)}^{\pm} = \pm \sigma_{0*(ik)}^{\pm} \exp\left(-r_{2(ik)}^{\pm} \xi_i \right). \tag{18}$$

Подставляя эти выражения в (17), получим соответствующие формулы для деформаций. В этом случае площади сечения элементов фермы будут определяться выражениями

$$F_{ik}(\xi_i) = \frac{\left|N_{ik}\right|}{\left|\sigma_{ik}\right|} = F_i(\xi_i). \tag{19}$$

Общий вес и стоимость ферменной конструкции будут определяться равенствами

$$B = \sum_{i=1}^{3} \int_{\xi_{0i}}^{\xi_{1i}} F_i(\xi_i) \gamma_i(\xi_i) d\xi_i, \quad C = \sum_{i=1}^{3} c_i \int_{\xi_{0i}}^{\xi_{1i}} F_i(\xi_i) \gamma_i(\xi_i) d\xi_i, \quad (20)$$

где $\gamma_{ik}(\xi_i) = \gamma_{0i} \left(1 - d_i \xi_i\right)$ — удельный вес соответствующей породы дерева.

Если рассмотреть ферму (рис. 3), составленную из одинаковых равнобедренных треугольников, нагруженную в узле E вертикальной нагрузкой P, то усилия в ее стержнях будут равны

$$N_{1} = N_{3} = -\frac{1}{2\sin\alpha}P, \quad N_{4} = N_{5} = \frac{\cos\alpha}{2\sin\alpha}P,$$

$$N_{2} = -\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}P, \quad N_{6} = N_{7} = \frac{1}{2\sin\alpha}P. \quad (21)$$

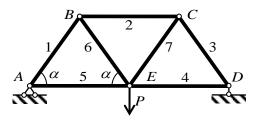


Рис. 3

При известных площадях $F_i(\xi_i)$ поперечных сечений стержней найденные усилия позволяют определить распределения напряжений $\sigma_i(\xi_i)$, деформаций $\varepsilon_i(\xi_i)$ и перемещений узла E. При решении задачи синтеза равнопрочной фермы для напряжений в стержнях в зависимости от знаков усилий следует использовать выражения (18), а затем по формулам (19) определить распределения площадей поперечных сечений $F_i(\xi_i)$. Опуская подробности вычислений, отметим, что, вследствие неоднородности свойств деревьев вдоль ствола, горизонтальные перемещения узла E будут ненулевыми даже при симметричном расположении материалов фермы на рис. 3.

Список литературы

- 1. *Леонтьев Н. Л.* Упругие деформации древесины / Н. Л. Леонтьев. М. ; Л. : Гослесбумиздат, 1952. 117 с.
- 2. *Митинский А. Н.* Упругие постоянные древесины как ортотропного материала // А. Н. Митинский // Труды ЛТА. Л., 1949. № 65.
- 3. *Ашкенази Е. К.* Анизотропия древесины и древесных материалов / Е. К. Ашкенази. М. : Лесная промышленность, 1978. 222 с.

- 4. *Конструкции* из дерева и пластмасс / Э. В. Филимонов [и др.]. М.: Изд-во АСВ, 2004. 438 с.
- 5. *Иванов Ю. М.* О деформациях и напряжениях в древесине как неоднородном материале / Ю. М. Иванов // Труды Института леса АН СССР. М.; Л., 1949. Т. IV.
- 6. Леонтьев Н. Л. О зональном распределении физико-механических свойств древесины сосны / Н. Л. Леонтьев // Природа. -1949. -№ 6.
- 7. Немировский Ю. В. Расчет и рациональное проектирование деревянных стержневых элементов / Ю. В. Немировский // Современные проблемы совершенствования и развития конструкций в строительстве и на транспорте: тр. III Междунар. науч.-техн. конф. Самара, 2005. С. 247—251.
- 8. *Мищенко А. В.* Расчет и проектирование деревянных стержневых систем с учетом физической нелинейности / А. В. Мищенко, Ю. В. Немировский // Строительная механика и расчет сооружений. 2007. № 6. С. 46–52.
- 9. *Белов С. В.* Ветер главный фактор, определяющий форму стволов деревьев и их устойчивость / С. В. Белов // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение : межвуз. сб. науч. тр. Л., 1947. Вып. III. С. 3–24.

ЭЛЕМЕНТЫ СБОРНЫХ ФУНДАМЕНТОВ АРОЧНОГО ТИПА

В.М. Митасов*, А.Н. Жарикова**

Рассматриваются унифицированные железобетонные элементы для сооружения фундаментов различного назначения.

Прочностные свойства бетона и арматуры наиболее полно используются в конструкциях типа тонкостенных оболочек. В качестве фундаментов-оболочек издавна применяются оболочки простой формы — цилиндрические, одинарной кривизны, двоякой кривизны. Они наиболее жесткие, экономичные, хорошо сопротивляющиеся выпучиванию.

Сравнение фундаментов с применением тонкостенных конструкций с обычными сборными фундаментами показало, что в результате использования новых типов может быть получена экономия в материалах (до 60%) и трудозатрат на стройплощадке (до 70%).

На кафедре железобетонных конструкций НГАСУ (Сибстрин) была разработана пространственная фундаментная платформа арочного типа в монолитном варианте. Такие платформы могут быть использованы в малоэтажном, в многоэтажном и в высотном строительстве. Они могут применяться в сложных грунтовых условиях, в сейсмических районах, при неравномерных осадках, в других экстремальных условиях. Такая модель уже используется на трех объектах повышенной этажности в Новосибирске и Томске.

-

^{*} Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой железобетонных конструкций НГАСУ (Сибстрин)

^{*} Студент НГАСУ (Сибстрин)

Строительство в сложных грунтовых условиях, в том числе и в сейсмических районах, которые занимают в Сибири достаточно обширные территории, требует новых эффективных решений, особенно при сочетании негативных воздействий сейсмичности и сложных грунтовых условий. Поэтому в сибирских условиях применяются сборные железобетонные фундаменты арочного типа.

В настоящее время за рубежом интерес к строительству из сборного железобетона усиливается (существует Международная федерация по сборному железобетону – ВІВМ, членами которой являются более 40 стран). В России разворачивается монолитное строительство, хотя многие эксперты считают, что в климатических условиях большинства областей России оно нецелесообразно.

Сборное строительство очень часто облегчает проведение строительных работ и уменьшает сроки строительства. С этой целью были разработаны варианты фундаментов арочного типа.

Для сооружения ленточных и плитных платформенных фундаментов были созданы два унифицированных элемента:

- 1. Опорный крестообразный элемент, выполненный в виде двух полуарок, объединенных перекрещивающимися балкамиребрами (рис. 1).
- 2. Линейный элемент, снабженный шпонками и отверстиями для напрягаемой арматуры (рис. 2).

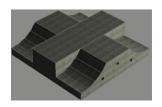


Рис. 1. Опорный крестообразный элемент

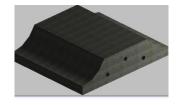


Рис. 2. Линейный элемент

Для объединения элементов следует применять арматурные канаты, покрытые смазкой и размещенные в специальной оболочке с возможностью свободного перемещения внутри нее. Эти канаты в России и за рубежом называют «моностренд». Моностренд – арматурный канат, помещенный в индивидуальную трубчатую полиэтиленовую оболочку, полость которой заполнена антикоррозионной смазкой. Такие канаты хорошо защищены от коррозии (двойная антикоррозионная защита – оболочка и антикоррозионная смазка), что позволяет отказаться от инъецирования каналов. Предварительно напряженные канаты применяются без сцепления с бетоном.

Основным элементом системы является арматурный семипроволочный канат диаметром от 12 до 15.7 мм. Канат в заводских условиях заключается в пластиковую оболочку с прослойкой смазочного состава. Канатная арматура поставляется, как правило, в бухтах весом 2.5–3 т.

В качестве оболочки для стали могут быть использованы полиэтиленовые или полипропиленовые трубы (минимальная толщина 1 мм). Изначально в США применяли бумажную оболочку, а не пластиковую.

С помощью канатов можно объединять созданные элементы в различные комбинации в зависимости от нагрузки и конструктивной схемы здания, но эти элементы можно использовать и без преднапряженной арматуры.

- 1. Отдельно стоящие конструкции, устраиваемые под колонны (рис. 3).
- 2. Отдельно стоящие крестообразные элементы с фундаментными балками. Такое решение может быть использовано для несущих стен при небольших нагрузках (рис. 4).



Рис. 3. Отдельно стоящий фундамент



Рис. 4. Отдельно стоящие крестообразные элементы с фундаментной балкой

3. Ленточный фундамент, устраиваемый под несущие стены или ряды колонн (рис. 5).

Пространственная жесткость такого сборного фундамента обеспечивается связью продольных и поперечных стен с помощью перевязки фундаментными стеновыми блоками, а при больших нагрузках — объединением элементов предварительно напрягаемой арматурой (натяжение на бетон).



Рис. 5. Ленточный фундамент

4. Плитный фундамент (рис. 6).

При необходимости совместных деформаций плитных фундаментов в них предусмотрены специальные каналы, в которые заводится напрягаемая арматура. Непосредственно на строительной площадке при ее натяжении на бетон сборные элементы объединяются в систему в продольном и поперечном направлениях.

Так образуется пространственная фундаментная платформа, которая работает как арка.



Рис. 6. Плитный фундамент

Использование преднапряженного железобетона открывает большие возможности для снижения расхода стали за счет уменьшения металлоемкости железобетонных конструкций.

Для многоэтажных и высотных зданий можно создавать фундамент в несколько ярусов, при этом свободное пространство может быть использовано для прокладки коммуникаций, для устройства парковки или подвальных помещений.

На кафедре железобетонных конструкций НГАСУ (Сибстрин) была выполнена численная модель одного из элементов арочного фундамента с помощью проектно-вычислительного комплекса SCAD



Рис. 7. Общий вид численной модели

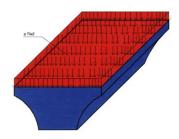
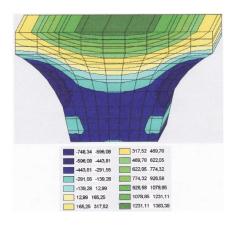


Рис. 8. Схема загружения элементов

Численным экспериментом предполагалось 18 ступеней загружения. Основная задача — определение напряжений в элементах и перемещений узлов. На 15-й ступени загружения нагрузка составляла 695 т/м² и поля напряжений по сечению элемента выглядели следующим образом:



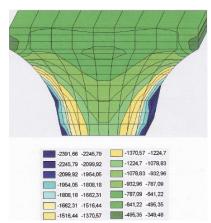


Рис. 9. Напряжения в фундаменте арочного типа по N_x

Рис. 10. Напряжения в фундаменте арочного типа по N_z

Видно, что в фундаментах арочного типа локальных напряжений не возникает, они равномерно распределяются по конструкции.

На 10-й ступени нагружения нагрузка составляла $463,34~\text{т/m}^2$ и перемещение узлов элемента фундамента арочного типа выглядело следующим образом:





Рис. 11. Схема деформирования арочного фундамента

Рис. 12. Узловые перемещения арочного фундамента

Эти фундаменты обладают большей жесткостью и устойчивостью, чем обычные, в связи с пространственным характером деформирования под нагрузкой, т.е. повышенная пространственная жесткость делает их мало чувствительными к неравномерным осадкам (просадкам) грунтов основания. Он как бы «приспосабливается» к состоянию грунта. Также они обеспечивают сохранность выше лежащих конструкций.

В табл. 1 приведено сравнение объемов бетона, затраченных на фундаменты ленточного и арочного типов, при одинаковой нагрузке и одинаковом условном расчетном сопротивлении грунта.

Таблица 1

Нагрузка на 1 м пог., кН	Арочный фундамент	Ленточный фундамент	Процент экономии
1 M HOL., KII	V, M^3	V, M^3	экономии
100	0.27	0,36	25
300	0.72	1	28
500	1.08	1.39	22

При нагрузке на 1 м пог. 300 кН и изменяющемся условном расчетном сопротивлении грунта получаем результаты, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Расчетное сопротивление	Арочный фундамент	Стандартный фундамент	Процент
грунта, МПа	V, M ³	V, M^3	экономии
0.15	0.97	1.19	19
0.2	0.71	0.85	17
0.25	0.33	0.38	13
0.3	0.27	0.36	25
0.35	0.25	0.3	17

С экономической точки зрения использование предложенных моделей приводит к экономии до 35% за счет снижения расхода материалов и трудозатрат.

Список литературы

- 1. Пат. 83519 Россия, МПК E02D27/00, E02D27/01. Сборный железобетонный фундамент / В. М. Митасов, Н. Н. Пантелеев, Н. С. Михайлова. № 2008151956/22; заявл. 26.12.08; опубл. 10.06.09, Бюл. № 16.
- 2. Пат. 83520 Россия, МПК E02D27/00, E02D27/34, E02D27/35. Пространственная фундаментная платформа / В. М. Митасов, Н. Н. Пантелеев, Н. С. Михайлова. № 2008142905/22; заявл. 29.10.08; опубл. 10.06.09, Бюл. № 16.

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА РЕСТАВРАЦИИ СПАССКОЙ ЦЕРКВИ В г. ИРКУТСКЕ И ОБЕСПЕЧЕНИИ ЕЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ

В.В. Безделев*, С.Ю. Трутаев**, В.В. Трутаева***

Показаны современные методы, используемые в ОАО «Иркутский Промстройпроект» при определении дефицита сейсмостойкости памятников архитектуры сложной геометрической формы. Расчетную схему предложено строить с использованием объемных конечных элементов. Для оценки сейсмостойкости здания с учетом системы сейсмоизоляции выполнен поверочный расчет по акселерограммам землетрясений.

При реконструкции памятников архитектуры, находящихся в сейсмически активных регионах, необходимо решать ряд сложных задач, к которым относятся оценка дефицита сейсмостойкости объекта и разработка компенсирующих мероприятий для его устранения. Эта задача не является тривиальной, поскольку компенсирующие мероприятия не должны вносить существенных изменений в реставрируемый объект, чтобы он не утратил статус памятника.

Памятники архитектуры, в основном, имеют сложную геометрическую форму, отчасти связанную с тем, что во время их строительства не существовало точных измерительных инструментов. Само строительство осуществлялось, как правило, в течение длительного периода и сопровождалось многочисленными изменениями в первоначальном замысле. В этой связи оценка сейсмостойкости зданий и сооружений такого типа — это комплексная задача, решение которой требует использования современных технологий обследования и применения числен-

^{*} Зам. директора ОАО «Иркутский Промстройпроект»

^{**} Начальник лаборатории ОАО «Иркутск НИИхиммаш»

^{***} Инженер лаборатории ОАО «Иркутск НИИхиммаш»

ных методов расчета, предусматривающих компьютерное моделирование объекта с учетом его фактической геометрии и фактического технического состояния. Ниже рассмотрен пример оценки сейсмостойкости памятника истории и культуры — церкви Спаса Нерукотворного образа (Спасской церкви), расположенной в г. Иркутске (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид Спасской церкви (фото)

Основное здание церкви было построено в 1706–1713 гг. Это одно из первых каменных зданий в г. Иркутске. В 1758–1762 гг. с западной стороны к церкви пристроили четырехъярусную колокольню, а в 1777 г. – двухэтажный каменный северный придел. В 1948 г. здание церкви получило статус памятника истории и культуры федерального значения. Современный вид оно приобрело в результате реставрационных работ 1968–1981 гг. В 2008 г. церковь была передана Иркутской епархии Русской православной церкви, что послужило толчком для очередного витка реставрации.

Здание церкви представляет собой трехчастное строение, включающее храм с алтарем, трапезную и колокольню. В плане церковь имеет форму прямоугольника шириной 10.8 м и длиной 39.7 м. Храмовая часть церкви с примыкающим алтарем имеет длину 15.2 м, трапезная — 10.0 м, колокольня — 14.5 м. Части строения разновысотные. Толщина кирпичных стен и простенков достигает в некоторых местах 1.5 м. Фасады здания церкви украшены множеством архитектурных элементов и деталей, которые невозможно отобразить типовыми геометрическими примитивами, а внутренние помещения имеют сложные формы и высокие сводчатые потолки, чрезвычайно затрудняющие выполнение традиционных обмерных работ. Поэтому было принято решение использовать для обмерочных работ современную технологию высокоточной пространственной сканерной съемки — наземного лазерного сканирования (рис. 2).



Рис. 2. Результаты лазерного сканирования

Суть технологии заключается в определении пространственных координат точек поверхности объекта посредством из-

мерения расстояния до всех определяемых точек с помощью лазерного безотражательного дальномера — лазерного сканера. Результатом работы сканера является множество точек поверхности объекта с вычисленными трехмерными координатами с точностью до 1 мм [1].

В результате выполнения сканирования фасадов и внутренних помещений церкви был получен суммарный образ, представленный объединенным облаком из 90 млн точек сканирования (рис. 2).

Результаты обработки полученных данных в дальнейшем были использованы для построения архитектурной компьютерной 3D модели церкви (рис. 3).



Рис. 3. Архитектурная компьютерная 3D модель

Для выполнения прочностного расчета здания церкви с учетом сейсмического воздействия необходимо было построить его расчетную схему. Поскольку толщина стен соизмерима с высотой этажа и размерами простенков, то применение традиционных расчетных схем, состоящих из стержневых и пластинчатых (оболочечных) элементов, в данном случае оказалось неправомочным. Поэтому задача решалась в трехмерной постановке с использованием объемных конечных элементов. Это позволило не только смоделировать арочные своды перекрытий, но и такие особенности сооружения, как ход на колокольню внутри толщи стены.

Для расчета здания была использована программная система COMPASS [2], позволяющая выполнять расчеты объемного напряженно-деформированного состояния строительных конструкций произвольной формы в соответствии с требованиями отечественных норм проектирования, в частности [3].

Конечно-элементная схема здания генерировалась на основе геометрической твердотельной модели церкви, построенной с использованием пакета 3D моделирования Solid Works (рис. 4). При этом мелкие архитектурные детали были опущены.



Рис. 4. Геометрическая и конечно-элементная модели

При генерации конечно-элементной сетки использовались объемные конечные элементы с переменным числом узлов на ребрах. Плотность разбивки на конечные элементы выбиралась исходя из требований к точности описания объемного напряженно-деформированного состояния. Особое внимание уделялось разбивке на конечные элементы сложных купольных конструкций, в этих зонах конечно-элементной модели сетка сгущалась. Полученная в итоге конечно-элементная модель здания и соответствующая ей пространственная геометрическая модель показаны на рис. 4.

Расчет на сейсмическое воздействие выполнялся спектральным методом с учетом согласованной (недиагональной) матрицы масс согласно [4] в предположении линейно-упругой работы материала несущих конструкций, как того требуют нормы [3]. Оценка сейсмостойкости конструкций здания церкви выполнялась исходя из анализа нормальных, касательных и главных напряжений, соответствующих как отдельным загружениям и формам колебаний здания, так и сочетаниям нагрузок (основным и особым). На рис. 5 показаны отдельные результаты расчетов. Графический постпроцессор программной системы СОМРАSS позволяет выполнить визуализацию форм колебаний в сочетании с эпюрами напряжений, соответствующими этим формам, а также построить эпюры от сочетания различных факторов по любому сечению 3D модели.

В результате обследования здания Спасской церкви на основании выполненных расчетов было установлено, что фактическая сейсмостойкость здания соответствует 6.5 баллам, в то время как сейсмичность площадки составляет 8 баллов. Таким образом, здание церкви имеет дефицит сейсмостойкости, равный 1.5 баллам, и нуждается в разработке и реализации мероприятий по повышению сейсмостойкости. С этой целью была разработана система сейсмоизоляции с применением резинометаллических опор и выполнены соответствующие расчеты по акселерограммам землетрясений.

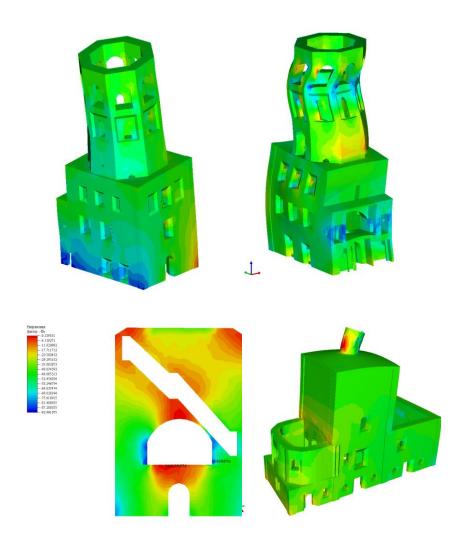


Рис. 5. Примеры результатов расчета

Список литературы

- 1. Технический отмет о инженерно-геодезических изысканиях для реставрации объекта «Памятник истории и культуры федерального значения «Церковь Спасская» (церковь Спаса Нерукотворного образа) по ул. Сухэ-Батора, 2-а, г. Иркутск» / ПИИ «Иркутскжелдорпроект». Иркутск, 2009. 26 с.
- 2. *Безделев В. В.* Программная система COMPASS. Руководство пользователя / В. В. Безделев, А. В. Буклемишев. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. техн. ун-та, 2000. 120 с.
- 3. $\mathit{CHu\Pi}\ II\text{-}7\text{-}81^*$. Строительство в сейсмических районах. М. : ГУП ЦПП, 2000. 44 с.
- 4. *Безделев В. В.* Предложения по корректировке СНиП «Строительство в сейсмических районах» в части формулировки спектрального метода расчета. Ч. І / В. В. Безделев, А. В. Буклемишев, Ю. А. Сутырин // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2000. № 6. С. 43–47.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВРЕМЕННОГО МАЛОЭТАЖНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

В.Н. Шведов*, Е.Л. Прижукова**, В.В. Королев***, Л.К. Казанина****, Н.А. Хаванская*****

В статье описывается идея и технология каркасного малоэтажного домостроения с использованием в качестве утеплителя блоков из прессованной соломы.

Проблема обеспечения человека экологически чистым жильем была и остается одной из острейших во все времена. Экологическое домостроение из природного возобновляемого материала — соломы — актуально в наше время не только в России, но и во всем мире. За последнее время построены сотни экодомов в Америке, Канаде, Франции, России, Белоруссии и др.

Экодом — это соединение строительных народных традиций и современных эффективных технологий, доступное для большинства населения индивидуальное домостроение, основанное на применении местных недорогих стройматериалов: дерева, соломы, камыша, глины, песка и др. Такой дом прост не только в строительстве, но и в эксплуатации, так как его соломенные стены, пол и потолок в 3 раза теплее деревянных, при этом они не просто экологичны, но даже целебны.

^{*} Канд. техн. наук, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций НГАСУ (Сибстрин)

^{**} Канд. техн. наук, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций НГАСУ (Сибстрин)

^{***} Студент НГАСУ (Сибстрин)

^{****} Студент НГАСУ (Сибстрин)

^{*****} Студент НГАСУ (Сибстрин)

Данная технология строительства часто подвергается критике со стороны «традиционных» строителей, архитекторов, конструкторов, заказчиков. Для того чтобы развеять высказываемые ими сомнения, рассмотрим различные эксплуатационные характеристики представленной технологии: прочность, долговечность, огнестойкость и водостойкость, экономичность, энергосбережение и экологичность.

Прочность. По канадским исследованиям оштукатуренная стена из соломенных блоков высотой $2.5\,\mathrm{M}$, шириной $3.5\,\mathrm{M}$ и толщиной $0.4\,\mathrm{M}$ выдерживает вертикальную нагрузку до $80\,\mathrm{KH}$ и боковую до $3.25\,\mathrm{KH}$.

Долговечность. Постоянно проводимые исследования, испытания и тестирования развеивают не только миф о непрочности соломенных сооружений, но и мнение, что солома «сгниет, жучки, паучки, мышки заведутся». Люди, которым приходилось разбирать старинные здания, где утеплителем служила обычная ржаная солома (ее не едят грызуны), удивлялись прекрасной сохранности соломы в течение 100–150 лет.

Огнестойкость и водостойкость. Солома настолько плотно спрессована, что ее горение возможно только при наличии источника открытого огня. Домам из этого материала не страшна и влага. Дождь проникает в обработанные крышу и стену не глубже чем на 5 см.

Экономичность. При строительстве домов из прессованных соломенных блоков профессиональными строительными бригадами себестоимость 1 м² жилья снижается в 2 раза.

Энергосбережение. Солома в 3 раза теплее дерева. Соответственно во столько же раз снижается и расход топлива, необходимого для прогрева здания.

Впрочем, для обогрева вместо обычного топлива (газа, дров), традиционного центрального отопления специалисты Международной академии экологии рекомендуют использовать солнечную энергию. Специально разработанная скатная крыша, ориентированная на южную сторону, представляет собой своего рода воздушно-солнечный коллектор. В чердачном пространст-

ве располагается твердотельный суточный и сезонный аккумулятор. Дом оборудуется системой принудительной вентиляции, обеспечивающей воздухообмен и обогрев помещений.

Экологичность этого вида жилья не требует доказательств: соломенные стены «легко дышат», не выделяют вредных веществ, обладают превосходной шумоизоляцией. У детей, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, переселившихся в эти дома, наблюдается снижение числа аллергических заболеваний и улучшение самочувствия в целом.

Соломенные дома легко разбираются, использование соломы в качестве строительного материала снимает проблему утилизации строительного мусора после окончания срока службы дома.

Авторский коллектив, выполняя проектные и конструкторские проработки элементов каркасных зданий из древесины, за основные оценочные критерии принял:

- быструю возводимость сооружений;
- экономическую эффективность;
- экологическую чистоту;
- эксплуатационную надежность;
- возможность доставки элементов зданий к месту монтажа всеми видами транспорта;
- возможность монтажа элементов каркаса вручную и с использованием малых механизмов и приспособлений.

Рассмотрим конструкцию жилого двухэтажного дома на одну семью (рис. 1). Несущая конструкция дома – рамный деревянный каркас. Крыша – полувальмовая с покрытием из асбестоцементных листов. В качестве утеплителя использованы блоки из прессованной соломы. Фундамент столбчатый, проектируется исходя из конкретных инженерно-геологических условий. Материал перегородок, внутренняя отделка комнат и отделка фасада (штукатурка, декоративные панели, сайдинг и др.) выбираются исходя из пожеланий заказчика.

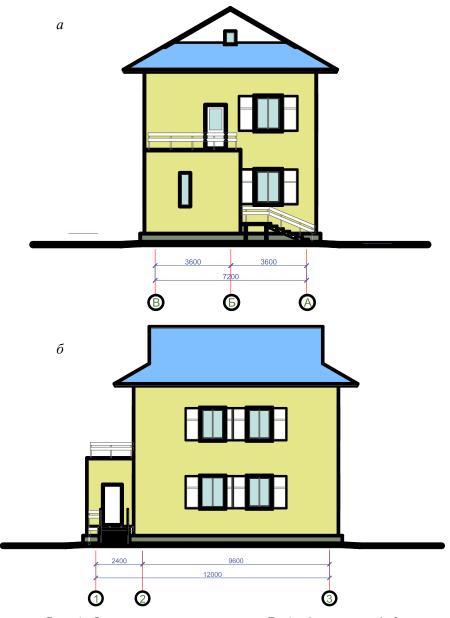


Рис. 1. Фасады здания: a — по осям B—A, δ — по осям 1—3

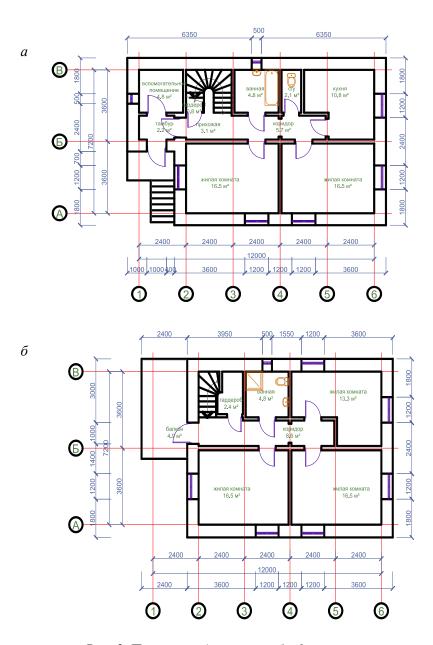


Рис. 2. Планы: a-1-го этажа, $\delta-2$ -го этажа

Технология строительства дома из соломы проста. На фундамент ставится деревянный каркас, выполненный из деревянных рам (рис. 3), скрепленных между собой с помощью двухсторонних металлических зубчатых пластин (МЗП). Внутри различными способами закрепляются прессованные соломенные блоки, прошиваемые арматурой или горбылем.

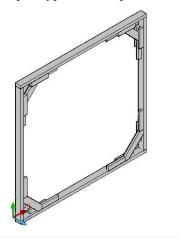


Рис. 3. Деревянная рама стенового каркаса

Как известно, слабым местом в конструктивном решении сборных каркасных зданий являются узловые соединения, отличающиеся многодельностью и требующие в процессе изготовления больших трудозатрат. В данном случае для соединения деревянных элементов каркаса используются МЗП (рис. 4). Также для улучшения качества узловых соединений применяется огнестрельная забивка нагелей-гвоздей при помощи строительного порохового инструмента. В результате удается сократить трудозатраты на соединение элементов каркаса здания. Работы можно выполнять в любое время года.

После монтажа каркаса и стен из соломенных блоков выполняется штукатурка по сетке или без нее, устраивается фасад дома, облицовываются внутренние стены.



Рис. 4. Металлическая зубчатая пластина

Дом имеет следующие технико-экономические характеристики:

Общая площадь -138.6 м^2 .

Первый этаж -69.7 м^2 .

Второй этаж -67 м^2 .

Жилая площадь -79.3 м^2 .

Вспомогательная площадь -59.3 m^2 .

Площадь летних помещений -4.9 m^2 .

Объем помещений -415.8 м^3 .

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ПРИХОДСКИХ ХРАМОВ

С.В. Борисов*

Изучены аспекты методики проектирования современных приходских храмов. Предложен принцип формирования объемно-планировочных композиций храмов из типовых элементов.

В обучающей литературе начала XXI века [1] утверждается необходимость исследования исторической архитектуры, она признается одним из источников формирования архитектуры современной. Подобные взгляды существовали и в середине XIX века. Э. Виоле-ле-Дюк не причислял себя к людям, разочаровавшимся в современности. Тем не менее он призывал к «честному и заботливому» анализу прошлого не с целью его возрождения, но познания и использования [2, с. 29]. По мнению французского архитектора, «принципы, которыми руководствовались художники прошлого», правдивы, причем эти принципы и в прошлом и в будущем неизменны, «пока люди будут сделаны из одного теста» [2, с. 29]. Он утверждал первенство творчества, основывающегося на опыте прошлого, над копированием и повторением: «Мы будем искать у французских переводчиков Витрувия XVI века памятники Возрождения... у итальянских комментаторов архитектуру Виньолы или Палладио, но не античные памятники. Эти люди в их время имели счастье быть художниками, а не археологами...» [2, с. 133].

В рамках тематики архитектуры православных храмов обращение к прошлому при поиске ответов на вопросы, относящихся к современности, — основа христианского мировоззрения. На прошлое ориентируется жизнь христианина, к нему относит-

36

 $^{^*}$ Гл. архитектор проектов (Московский архитектурный институт (Государственная академия) – МАРХИ)

ся воспоминание о Рождестве Христовом, Его Крестном страдании и Воскресении, в нем созданы творения Святых Отцов, «весь духовный опыт человечества» [3, с. 6]. Прошлое для христианина – «связь настоящего и будущего... средство прикосновения к вечности» [3, с. 7]. Этим и обоснована необходимость изучения храмов прошлого, что является одним из принципов проектирования современных построек [4].

Однако, по словам Э. Виоле-ле-Дюка, человек, в чьей памяти собраны все выдающиеся постройки прошлого, но не владеющий методом их компоновки, «сможет создать лишь плохо спаянные фрагменты, копии...» [2, с. 165]. Для создания метода проектирования новых построек примем за основополагающие предложенные А.К. Буровым принципы композиции отдельных объемов в единое сооружение. Он утверждает, что каждый из объемов здания, независимо от плотности компоновки, должен быть четко отделяем от остальных: «...не должно быть неясных мест, неизвестно к какому объему принадлежащих...» [5, с. 185]. Объемы компонуются друг с другом через промежуточные звенья.

На основании данных принципов компоновки архитектурных сооружений автором рассмотрены характерные для Подмосковья объемно-планировочные схемы храмов [6]. При исследовании объемных композиций уделялось внимание следующим аспектам композиционного решения: основные составляющие храм элементы; приделы и их расположение; завершения основного объема храма и приделов; типы сводов основного храма, приделов, трапезной; наличие или отсутствие колокольни. Для анализа выделялись лишь некоторые из них, наиболее традиционные и применяемые как в прошлые века, так и в настоящее время. Типы построек, от одно- до пятиобъемной, определились в зависимости от количества составляющих ее объемно-планировочных элементов. Среди них: основное бесстолпное (реже четырехстолпное) помещение с апсидой (апсидами); приделы с объемно выявленными апсидами; трапезная (притвор); крытая (открытая) галерея; колокольня (звонница).

Различные сочетания указанных объемно-планировочных элементов как в исторических постройках, так и при современном проектировании образуют многообразнейшие по пространственному, функциональному и образному решениям храмы. Метод проектирования, основанный на использовании типовых элементов храма, позволяет существенно сократить затраты на разработку конструктивных решений. Так, для небольшой бревенчатой постройки квадратное в плане основание со стропильным шатром позволяет выполнить различные архитектурнохудожественные решения храма за счет изменения формы притворов, их наличия или отсутствия (рис. 1).

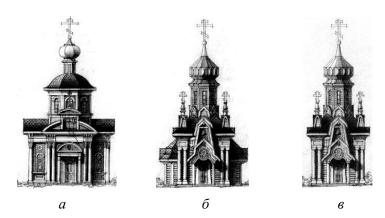


Рис. 1. Временный храм-часовня при храме святителя Николая Явленного, Москва, ул. Арбат, проект автора: a — вариант с прямоугольными притворами, δ — вариант с гранеными притворами, ϵ — вариант без притворов

Рассмотрим данный метод для более крупных храмов. Главный бесстолпный четверик, являющийся основным объемом, окружен четырьмя пониженными притворами и сблокирован со звонницей и крытой галереей (рис. 2). Тот же четверик в значительном по габаритам храме выполняет функцию придела (рис. 3). Отметим, что оба придела данного храма, выполненные на основе типового объемно-планировочного элемента, различны по образному решению.

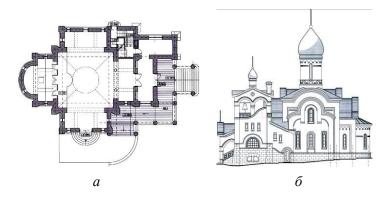


Рис. 2. Храм во имя Святого Праведного Иоанна Кронштадтского, поселок Белые Столбы, Московская область, Домодедовский район, 2010 год, проект автора: a – план первого этажа, δ – южный фасад

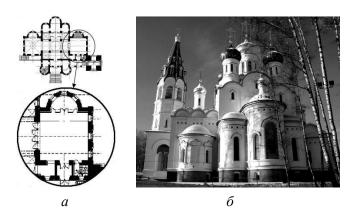


Рис. 3. Храм во имя Святого Благоверного князя Александра Невского близ поселка Княжье Озеро, Московская область, Истринский район, проект автора: a – план первого этажа (выделен типовой объемно-планировочный элемент (придел)), δ – восточный фасад

Четкое функциональное и геометрическое построение объемно-планировочных композиций должно стать основой современных построек. Причем чем оно проще и логичнее, тем большее количество образно-художественных вариаций можно выполнить на его основе. Данный принцип — возможность выполнения многочисленных объемных и стилевых композиций для каждой постройки — становится существенным фактором успешного проектирования. Отметим, что при строительстве храма, сложной и дорогостоящей постройки, нередки задержки, остановки, смены задания на проектирование, которые чреваты кардинальными изменениями. Разработав геометрически простое и четкое объемно-планировочное решение, архитектор получает возможность оперативно реагировать на подобные изменения, допустимые и на стадии выполненного цокольного этажа храма.

Напротив, построив план, в котором использованы характерные элементы, свойственные лишь определенным художественно-образным решениям, легко получить плачевные результаты при строительстве храма в показанной выше ситуации. Так, применив ярусные открытые гульбища, барочный рисунок ступеней, трехлепестковую форму плана, сложно отойти от нарышкинского барокко. Граненые экседры и аналогичной формы апсиды, связанные через арочные проемы с бесстолпным храмом, восьмигранным или квадратным в плане, крепко привяжут проект к византийскому стилю. Характерный для классицизма и ампира ротондальный план создаст трудности при использовании иной стилистики. Окружающие храм крытые гульбища, далеко вынесенные шатровые крыльца адресуют его к середине XVII века. Применив рассмотренные выше или другие характерные элементы, нелегко внести изменения в постройку как на стадии проектирования, так и строительства.

Таким образом, представляются целесообразными принципы построения объемно-планировочных композиций храмов из типовых элементов. Они применяются в наиболее простых вариантах, не относящихся к определенным образно-художественным решениям.

Список литературы

- 1. *Объемно-пространственная* композиция: учебник для вузов / А. В. Степанов [и др.]. М.: Архитектура-С, 2007. 255 с.
- 2. *Виоле-ле-Дюк* Э. Беседы об архитектуре / Э. Виоле-ле-Дюк. М.: Изд-во Всесоюз. акад. архитектуры, 1937. Т. 1. 470 с.
- 3. *Святославский А. В.* Традиция памяти в Православии / А. В. Святославский. М. : Древлехранилище, 2004. 220 с.
- 4. *Борисов С. В.* Православные храмы в коттеджных поселках и частных усадьбах / С. В. Борисов // Усадьба, особняк, дача. Вопросы проектирования. Одесса: Политехпериодика, 2010. С. 261–297.
- 5. *Андрей Константинович Буров*: Письма. Дневники. Беседы с аспирантами. Суждения современников / сост., вступ. ст., примеч.: Р. Г. Бурова, О. И. Ржехина. М.: Искусство, 1980. 297 с.
- 6. *Борисов С. В.* Особенности проектирования сельских храмов в средней полосе России / С. В. Борисов. М.: Техномаш, 2008. 146 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ В ФОРМИРОВАНИИ И РАЗВИТИИ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

В.В. Королев*

В статье с исторической точки зрения проанализировано развитие города Новосибирска в аспекте влияния на природную среду.

Город Новосибирск имеет сравнительно небольшую историю своего стремительного развития. В 1893 году был заложен первый фундамент железнодорожного мостового перехода через реку Обь возле небольшого села Кривощеково. Гранитное русло реки в этом месте идеально подходило для фундаментов будущего моста. На равнинном левом берегу Оби росли березовые рощи, ближе к реке было больше хвойных деревьев. Правый берег реки был полностью покрыт сосновым бором, который пересекали малые реки – Иня, Каменка, Ельцовка и другие. Местность была очень живописна: большая сибирская река с высокими берегами, покрытыми обширными лесами.

Город начал формироваться на месте просеки возле железной дороги посреди соснового бора, где была построена станция Обь. В 1915 году было завершено строительство Алтайской железной дороги, а в 1931 году город стал транспортным узлом, соединившим Транссибирскую железнодорожную магистраль с Туркестано-Сибирской. Эти события в значительной степени обусловили его стремительный рост. Лес был полностью вытеснен из города. Этому способствовали и активное освоение новых территорий города постоянно растущим населением, и большое количество пожаров. Территория города была отрезана от Оби железной дорогой, а малые реки были маловодны.

_

^{*} Аспирант кафедры градостроительства и городского хозяйства НГАСУ (Сибстрин)

В связи с вытеснением лесов увеличивалась эрозия почвы за счет действия ветра и воды, начался процесс роста оврагов и оврагообразования. Благоустройство территории велось со значительным отставанием от его экономического развития. Так, в 1910 году улицы озеленялись силами домовладельцев, которых обязали высадить деревья вдоль своих домовладений. В это время появились линейные посадки сибирского тополя по главным улицам города. Береговая полоса Оби была занята производственными и складскими площадками и не имела озеленения. Крутые берега беспорядочно застраивались индивидуальными жилыми домами. Многие районы города были труднодоступны: из центральной части трудно было попасть в Вокзальный район из-за Михайловского лога, Закаменский район был отделен рекой Каменкой с крутыми спусками, железнодорожные переезды были организованы в один уровень, что значительно затрудняло доступность прибрежной территории Оби. Все это определяло задачи, требующие решения для дальнейшего развития города. Уже в 1925 году был построен мост через Каменку для связи Центрального и Закаменского районов, в 1926-1929 гг. возведены дамбы на 1-й Ельцовке, что ускорило освоение Заельцовского района. Эту реку частично заключили в бетонную трубу. В связи с тем, что к середине 1920-х годов озеленение селитебной территории не превышало 3.4%, были выделены зеленые зоны местного назначения – Мочищенский бор, Бугринская и Заинская рощи, Северо-Ельцовский лесной массив.

До Великой Отечественной войны Новосибирск активно развивался как административный, транспортный и промышленный центр. Большая часть города имела малоэтажную застройку. Формировались первые генеральные планы Новосибирска, определялись его функциональные зоны. В этот период город нуждался в активном благоустройстве, сопоставимом с темпами его роста. Однако эти задачи не успевали решаться в полной мере, поэтому Новосибирск тех лет можно охарактери-

зовать малым количеством озелененных территорий, низкой обеспеченностью системами коммунального хозяйства (ливневая и хозбытовая канализация), что приводило к загрязнению водных бассейнов сточными водами, а также увеличением оврагов в связи с водной и ветровой эрозией.

Во время Великой Отечественной войны Новосибирск стал «кузницей оружия» для страны. Все силы были направлены на удовлетворение потребностей фронта. Промышленность города окрепла именно в этот период. Только за первые пять месяцев войны в город было эвакуировано 322 промышленных предприятия. Также активно прибывало эвакуированное население: рабочие заводов со своими семьями, работники искусства, ученые. Всего за годы войны население Новосибирска возросло на 200 тыс. человек. Активно развивалась и трамвайная сеть, которая соединяла наиболее крупные промышленные зоны и использовалась для грузоперевозок.

Жилые дома возводились, в основном, из местной древесины по упрощенным технологиям. При низкой этажности застройки город практически неорганизованно расширял свои границы, что не соответствовало генеральному плану города. Промышленные предприятия сначала располагались в существующих промышленных зонах, затем начали занимать здания, принадлежащие учреждениям культуры и образования. Параллельно велось упрощенное строительство промышленных зданий, зачастую в непосредственной близости от жилой застройки. В конце войны город стал не только крупным транспортным центром, но и обладал большим промышленным потенциалом, что обусловило его дальнейшее активное развитие.

В целом этот период можно охарактеризовать упрощением методов строительства зданий и сооружений (особо это коснулось жилого сектора), увеличением промышленного потенциала и темпов беспорядочной малоэтажной застройки, а также резким ухудшением благоустройства города в связи с военным временем.

Послевоенный период начался с восстановления благоустройства города, решения остро вставшего жилищного вопроса и перевода промышленного производства на нужды мирного времени. Новосибирск активно рос и развивался и уже в 1963 году стал городом-миллионером.

Остро стояла проблема малых рек. Река Каменка в 1950-х гг. находилась в очень плохом экологическом состоянии. Система оврагов от этой реки распространялась все дальше и дальше (по причине вырубки лесов на ее берегах, а также функционирующих до 1925 года каменоломен, где добывали серый гранит). Каменка активно загрязнялась сточными водами, бытовыми и промышленными отходами. Склоны реки были беспорядочно застроены ветхими малоэтажными домами, которые периодически подвергались затоплению. Остро стоявшие проблемы этой реки начали решаться только в 1967 году. Каменку заключили в бетонный коллектор и замыли земляными снарядами, всего было замыто 6 км 100 м реки. Аналогичной процедуре подверглась и овражная сеть Каменки. Работы по благоустройству поймы реки продлились вплоть до 1992 года. Следует отметить, что в генплане города были предложения сделать здесь живописные и благоустроенные речные каскады и использовать это место как рекреационную зону. Однако этим замыслам не суждено было сбыться, и сегодня тут проходит оживленная автомобильная магистраль и практически отсутствует озеленение. Малые реки Ельцовка и 2-я Ельцовка также находились в плачевном экологическом состоянии, и эта проблема была решена аналогичным способом: реки заключены в коллекторы, которые отчасти остаются незасыпанными, благоустройство пойм отсутствует.

В целом рельеф города в 1960–1970-е гг. претерпел значительные изменения: замыты долины Каменки и Ельцовки, засыпаны многие овраги, срезан грунт и устроены насыпи при строительстве путепроводов через железные дороги, устроены дамбы и подходы к Коммунальному и Димитровскому мостам.

Все это связано со значительным перемещением земляных масс и деградацией естественных природных покрытий. Освобожденные пространства нуждались в масштабных мероприятиях по благоустройство и восстановлению экологического равновесия. В большинстве своем такие мероприятия не проводились, что привело к опустыниванию территорий.

Еще одним экологическим потрясением для Новосибирска и его пригородов стало строительство ГЭС. В результате были затоплены ценные сельскохозяйственные территории, леса, исторический центр города Бердска и ряд населенных пунктов. Изменился гидрологический режим Оби и микроклимат в прибрежном районе.

Вплоть до перестройки в Новосибирске проводилось много мероприятий по инженерному благоустройству. Строились системы канализации, водопроводы, очистные сооружения, асфальтировались дороги, развивался пассажирский транспорт. Однако следует отметить и то, что мероприятия по созданию и развитию экологического каркаса города практически не были реализованы. Не было создано планировавшееся защитное кольцо лесов вокруг города, а существующие лесные массивы, прилегающие к городской черте, истощались и уничтожались. Площади городских парков и рекреационных зон в черте города сокращались, особенно в центре, где их вытесняла жилая и административная застройка. Что касается малых водных объемов, то они, можно сказать, полностью деградировали под действием антропогенной нагрузки. Активно загрязняется сточными водами и река Обь, уровень загрязнения в ней превышает ПДК в 5 раз. Более 70% территории города Новосибирска не оборудовано системами ливневой канализации.

После перестройки большое распространение получил автомобильный транспорт. Активная автомобилизация населения повлекла за собой необходимость адекватного развития уличнодорожной сети, внесения корректив в генеральный план города, а также породила новые экологические проблемы. В загрязне-

нии воздушного бассейна в основном участвует автомобильный транспорт, здесь его доля составляет 76%. Остальные выбросы вредных веществ приходятся на ТЭЦ, крупные промышленные предприятия и коммунальные котельные.

Сегодня перед городом стоит большая и трудная задача создания комфортной и экологически безопасной среды для проживания человека. Здесь необходимо решать вопросы охраны воздушного бассейна и охраны водных объемов, защиты от загрязнения городских почв, проблему городских отходов. Однако следует задуматься не только над защитой природной среды, но и над ее восстановлением именно в черте города и на прилегающих территориях. Без решения этих вопросов дальнейшая жизнедеятельность города может привести к экологической катастрофе и необратимым последствиям. Поэтому для устойчивого развития и функционирования города необходимо достичь баланса между природной и городской средой, сформировав устойчивый экологический каркас города, а также всей Новосибирской области, которая пока еще обладает большим количеством работающих экологических систем.

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О.В. Петренева*

В статье рассматриваются основные положения нового Градостроительного кодекса и их отличие от кодекса 1998 года. Большое внимание уделяется главе 6.1, появившейся в новых социально-политических условиях. Отмечается важность нового документа, регулирующего отношения в сфере строительства и купли-продажи недвижимости как для практической деятельности, так и для подготовки специалистов строительных специальностей.

Градостроительный кодекс Российской Федерации является правовой основой градостроительной деятельности. Знакомство с ним, знание и понимание его основных положений необходимо как для строителей, проектировщиков, так и для студентов всех строительных специальностей. Положения, рассматриваемые в кодексе, необходимы при изучении таких дисциплин, как «Градостроительство», «Планировка и застройка населенных мест», «Инженерные изыскания», «Организация и управление в строительстве», «Правовое регулирование отрасли и жилищное законодательство».

Введенный в действие Федеральным законом от 29.12.2004 № 191-ФЗ Градостроительный кодекс Российской Федерации и изменения, внесенные в него законом от 31.12.2005 № 206-ФЗ, представляют собой комплексный законодательный акт, регулирующий общественные отношения в сфере территориального планирования, градостроительного зонирования, планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции. Следует отметить, что новый кодекс принципиально отличается от ранее действовавшего Градостроительного кодекса РФ от 07.05.1998 № 73-ФЗ, многие положения которого морально устарели и тем самым тормозили

_

^{*} Доцент ПГТУ (Пермь)

развитие жилищного строительства, не способствовали формированию рынка доступного жилья, не обеспечивали прозрачность процедур землепользования и застройки. Например, в прежнем градостроительном законодательстве не была установлена обязательность подготовки документов территориального планирования исполнительными органами всех уровней. Ранее действовавшим кодексом не регламентировались, в том числе и по срокам, процедуры подготовки, согласования, обсуждения и утверждения документов территориального планирования, а также принятия нормативных актов. Соответственно, ни инвесторы, ни застройщики не располагали необходимой информацией по намеченным инвестициям и в целях страхования своих потенциальных рисков необоснованно завышали стоимость строительства, что отнюдь не способствовало снижению стоимости жилья.

Необходимость принятия нового Градостроительного кодекса РФ была вызвана рядом причин юридического, экономического и социального характера. Назревшие требования по снижению административных барьеров в строительстве, повышению ответственности участников рынка, защите прав на недвижимость и повышению роли общественного участия в принятии градостроительных решений также обусловили принятие новой редакции документа, необходимой для формирования рынка доступного жилья и увеличения объемов жилищного строительства. Без снижения административных барьеров доступа на рынок жилищного строительства и формирования прозрачного и эффективного механизма предоставления сформированных земельных участков для жилищного строительства с установленными градостроительными регламентами все усилия по расширению платежеспособного спроса населения через развитие жилищного кредитования приведут лишь к повышению цен на рынке жилья.

По своей структуре новый Градостроительный кодекс Российской Федерации состоит из 9 глав и 64 статей. В первой главе устанавливаются основные понятия, используемые в проекте кодекса, основные принципы законодательства о градострои-

тельной деятельности, а также отношения, регулируемые законодательством о градостроительной деятельности, указываются субъекты градостроительных отношений.

Во второй главе кодекса определяются полномочия органов государственной власти Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления в области градостроительной деятельности. Полномочия органов местного самоуправления устанавливаются в соответствии с Федеральным законом от 06.10.2003 № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации».

Третья глава кодекса посвящена вопросам территориального планирования, где сказано, какие документы относятся к правовым актам территориального планирования Российской Федерации, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, куда отнесены генеральные планы поселений, городских округов, а также схемы размещения объектов местного значения муниципальных районов.

В четвертой главе регулируются вопросы, связанные с градостроительным зонированием, описываются назначение и состав правил землепользования и застройки, виды и характеристики территориальных зон.

Пятая глава кодекса определяет процедурные вопросы подготовки градостроительной документации по планировке территории: основания и порядок подготовки, назначение, виды и состав такой документации.

В шестой главе рассматриваются порядок проведения инженерных изысканий, государственной экспертизы проектной документации (ст. 49), вопросы архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции объектов. Большое значение имеют ст. 51 «Выдача разрешений на строительство», ст. 53 «Строительный контроль», ст. 54 «Государственный строительный надзор». В ст. 55 приводится порядок выдачи разрешения на ввод объекта в эксплуатацию.

В настоящее время в связи с отменой лицензирования строительной деятельности и созданием саморегулируемых ор-

ганизаций (СРО) в строительстве и ЖКХ особенно актуальной является глава 6.1 «Саморегулирование в области инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства», введенная в действие Федеральным законом от 22.07.2008 № 148-ФЗ. В данной главе определены основные цели и виды СРО, содержание их деятельности, органы управления и их полномочия. Перечислены требования, необходимые для приобретения статуса СРО, документы, которые должна разработать и утвердить саморегулируемая организация, порядок приема в члены СРО. В ст. 55.8 приведен порядок получения допуска к работам, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства. В ст. 55.15 указаны меры дисциплинарного воздействия, применяемые в отношении членов СРО за несоблюдение технических регламентов, требований к выдаче свидетельств о допуске, правил контроля в области саморегулирования, требований стандартов и правил СРО. В ст. 55.19 сказано, что является предметом государственного контроля (надзора) за деятельностью СРО и порядок его осуществления.

Юридический механизм ответственности за нарушение законодательства о градостроительной деятельности предусмотрен восьмой главой кодекса.

Подводя итог, можно сделать вывод, что принятие нового Градостроительного кодекса РФ направлено на совершенствование законодательного регулирования градостроительной деятельности.

Введение в действие кодекса и его отдельных норм осуществляется в соответствии с Федеральным законом от 29.12.2004 № 191-ФЗ «О введении в действие Градостроительного кодекса Российской Федерации». Данным законом также предусмотрено внесение изменений в Земельный кодекс Российской Федерации, таких как:

- определение особенностей предоставления земельных участков для жилищного строительства из земель, находящихся в государственной или муниципальной собственности, в том

числе требование и порядок предоставления земельных участков в собственность или аренду только на открытых аукционах, порядок предоставления земельных участков для комплексного освоения в целях жилищного строительства;

– установление перечня объектов государственного или муниципального значения, для размещения которых допускается изъятие (выкуп) земельных участков.

Процесс совершенствования градостроительного законодательства коснулся следующих основных моментов.

Федеральным законом от 31.12.2005 № 199-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием разграничения полномочий» (в редакции от 03.06.2006) в Градостроительный кодекс РФ были внесены уточнения, касающиеся полномочий органов государственной власти Российской Федерации по организации и проведению государственной экспертизы проектной документации. Этим же федеральным законом Градостроительный кодекс РФ был дополнен новой статьей, регламентирующей передачу осуществления полномочий Российской Федерации в области государственной экспертизы проектов документов территориального планирования и государственной экспертизы проектной документации органам государственной власти субъектов Российской Федерации. В настоящее время государственная экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий может проводиться как федеральным органом исполнительной власти, так и органом исполнительной власти субъекта Федерации, уполномоченными на проведение государственной экспертизы проектной документации, или подведомственными указанным органам государственными учреждениями.

В законе также определено содержание документа о выполненных инженерных изысканиях, уточнено, на какие именно объекты индивидуального жилищного строительства не требуется подготовка проектной документации.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ КЛЕЕБОЛТОВЫХ СОЕЛИНЕНИЙ ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.Г. Черкасов*, И.И. Крылов**

Рассматривается работа сдвигоустойчивого соединения тонкостенных оцинкованных элементов с применением клея на основе полимерных смол, а также различного рода наполнителей. По результатам экспериментов дана оценка эффективности, целесообразности и перспективности использования некоторых видов наполнителей и адгезива в составе фрикционных соединений, выявлен наиболее перспективный тип клееболтового соединения.

В настоящее время в условиях высокой конкуренции на строительном рынке приходится постоянно разрабатывать новые, более экономичные строительные конструкции, технологии и материалы. Одной из основных мер обеспечения экономичности конструкций является снижение их металлоемкости.

Для снижения металлоемкости стальных конструкций в их составе применяются тонкостенные холодногнутые оцинкованные профили толщиной до 3 мм. В некоторых случаях использование тонкостенных несущих элементов позволяет снизить расход металла на 20-40%. Кроме того, для подобных конструкций возможно снижение затрат на транспортировку, монтаж и дальнейшее обслуживание. Малый вес гнутых оцинкованных профилей позволяет без труда доставить их на строительную площадку россыпью и впоследствии собрать без применения тяжелого монтажного оборудования. Цинковое покрытие, в свою очередь, увеличивает срок эксплуатации конструкций за счет надежной коррозионной защиты. Уменьшаются затраты на фундаменты, а сроки монтажа резко возрастают.

Студент НГАСУ (Сибстрин)

Канд. техн. наук, профессор кафедры металлических и деревянных конструкций НГАСУ (Сибстрин)

Все это дает существенный экономический эффект и определяет перспективы развития исследовательской деятельности в данном направлении.

Основной и до сих пор не решенной задачей создания высокоэффективных конструктивных форм из тонкостенных С-образных профилей является необходимость передачи достаточно больших усилий в узлах конструкций.

В настоящее время широкое распространение для соединения элементов на основе тонкостенных оцинкованных профилей получили самонарезающие винты диаметром 4.8 и 6.3 мм [1]. Основное достоинство таких соединений – простота установки самонарезающих винтов, недостатки – повышенная деформативность, малая несущая способность, чувствительность к переменным нагрузкам [2].

Менее распространены болтовые соединения на болтах нормальной точности. При использовании их в тонкостенных несущих конструкциях, ввиду малой толщины соединяемых элементов, соединения работают, как правило, на смятие наиболее тонкого листа, в связи с чем их несущая способность ненамного выше несущей способности соединений на самонарезающих винтах [2]. Как показали исследования [2], фрикционные (сдвигоустойчивые) болтовые соединения, выполняемые на высокопрочных болтах с предварительным натяжением, обладают значительно большей несущей способностью (до 10 раз) по сравнению с соединениями на саморезах или обычных болтах.

Целью данного исследования является разработка нового типа соединений. За основу принято фрикционное соединение, в котором сдвиг деталей происходит в результате преодоления сил трения и возникающей адгезии, обеспеченной клеем. Клеевой состав применяется на основе полимерных смол, с добавлением различных отвердителей и наполнителей. Клей способен защищать металл от коррозии, что является дополнительным положительным фактором для использования его в сдвигоустойчивых соединениях.

Клееболтовые соединения оцинкованных тонкостенных элементов по сравнению с другими типами соединений облада-

ют повышенной несущей способностью. Разработав методику проектирования и конструирования клееболтовых соединений, можно проектировать стержневые системы, в узлах которых возникают значительные усилия: стропильные фермы покрытий общественных, складских и промышленных зданий для II—IV снеговых районов, пролетами от 12 до 18 м, устанавливаемые с шагом до 6 м. До настоящего времени подобные конструктивные формы еще не разработаны.

В ходе научно-исследовательской работы был проведен большой объем экспериментальных исследований, с помощью программного комплекса Solid Works получены данные численного эксперимента.

На первом этапе были проведены поисковые испытания, целью которых являлось определение наиболее перспективного типа клееболтового соединения. Экспериментальные исследования производились в лаборатории кафедры металлических и деревянных конструкций НГАСУ (Сибстрин) на разрывной машине Р-5. Было испытано более 70 образцов с различными типами клееболтовых соединений, включающих составы с добавлением различных наполнителей (корундовая крошка (абразив) и дробленый шлак) и с добавлением армирующей стеклоткани в слой клея. Корундовая крошка использовалась трех видов разной дисперсности, клеевые составы – двух видов: «Спрут-А» (Украина) и «Sikadur» (Швеция).

На втором этапе исследований с помощью метода конечных элементов была сформирована расчетная модель соединения в расчетном комплексе Solid Works. Был проведен численный эксперимент, который показал распределение напряжений по сечениям соединяемых элементов. Результаты натурного эксперимента дублируют результаты численного, что говорит о корректности исследования.

Установлено, что несущая способность обычного одноболтового фрикционного соединения составляет 870 кгс, при добавлении корундового наполнителя без клея — 1100 кгс, для фрикционного клееболтового соединения — 1800 кгс. Эффект такого соединения, выраженный в процентном отношении по критерию несущей способности, составляет 205%.

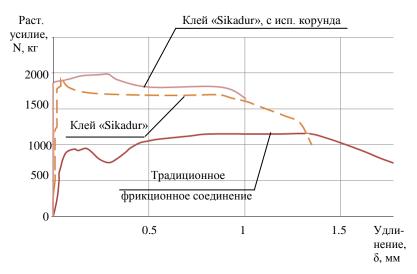


Диаграмма растяжения образцов

По результатам испытаний определен оптимальный размер гранул корундового порошка (корунд № 20) и подобран наиболее эффективный клеевой состав («Sikadur»). Такие характеристики соединения открывают возможность разработки эффективных несущих конструкций с использованием тонкостенных оцинкованных профилей.

Список литературы

- 1. Айрумян Э. Л. Эффективные холодногнутые профили из оцинкованной стали в массовое строительство / Э. Л. Айрумян, В. Ф. Беляев // Монтажные и специальные работы в строительстве. -2005. № 10.
- 2. *Крылов И. И.* Развитие конструктивной формы балочных систем из тонкостенных оцинкованных профилей / И. И. Крылов, А. Н. Кретинин // Изв. вузов. Строительство. 2007. № 2. С. 88–92.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ МЫШЬЯКА

К.А. Коваленко*, С.А. Кондратьев**

Приведены результаты сорбционного удаления мышьяка из сточных вод на брусите. Установлено, что вместе с полным извлечением токсиканта из стока происходит удаление присутствующих в нем металлов.

Один из наиболее опасных загрязнителей гидросферы – мышьяк (As), основным источником поступления которого являются сточные воды горно-металлургических предприятий.

Сточные воды, содержащие мышьяк, условно разделяют на три группы: слабоконцентрированные (менее 100 мг/л As); среднеконцентрированные (100–3000 мг/л As); высококонцентрированные (более 5000 мг/л As). Существуют различные технологии по очистке концентрированных стоков от мышьяка. Сложнее дело обстоит с очисткой средне- и слабоконцентрированных сточных вод до санитарных норм и с получением труднорастворимых осадков, пригодных для утилизации.

В ряде работ исследователи выделяют сорбционные процессы с использованием природных материалов как наиболее перспективные, за счет их сравнительно высоких сорбционных свойств, низкой стоимости и доступности.

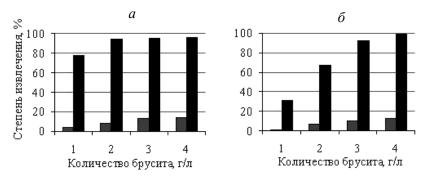
Для исследования сорбционной очистки слабоконцентрированных растворов от мышьяка был выбран брусит $Mg(OH)_2$ – природный минерал класса гидроокислов.

Проведен комплекс экспериментов на модельных растворах и реальных промышленных водах с использованием природного и термически модифицированного минерала в статических условиях.

** Д-р техн. наук (ИГД СО РАН, Новосибирск)

^{*} Мл. науч. сотр. (ИГД СО РАН, Новосибирск)

Модельные растворы готовились из оксида мышьяка (III) и арсената натрия на водопроводной воде, с концентрацией 1–100 мг/л Аѕ. В результате исследований определены основные сорбционные характеристики брусита по отношению к мышьяку (III) и (V): равновесная концентрация устанавливается за 60 минут; оптимальный диапазон рН - 5.0-8.0; расход природного и модифицированного сорбента 4 и 0.5 г/л соответственно. Установлено, что сорбционная емкость модифицированного минерала по отношению к арсенитам и арсенатам составляет 20-60 мг/г, которая в 10-15 раз превышает этот показатель у природного минерала (2-4 мг/г). Необходимо отметить, что сорбционная емкость модифицированного брусита в 3 раза выше по отношению к As(III), чем к As(V). Это свойство выделяет брусит среди других сорбентов, проявляющих сродство к мышьяку, так как в основном эта зависимость носит обратный характер. Степень извлечения обусловливается расходом брусита и может достигать 90-98% (см. рисунок).



Зависимость степени извлечения арсенитов (*a*) и арсенатов (*б*) от расхода брусита:

■ – природный, ■ – модифицированный

Промышленный сток был предоставлен одним из предприятий металлургического комплекса, с содержанием, мг/л: 43.0 As; 168.0 Zn; 32.0 Cu; 3.5 Fe; 0.7 Al; 0.56 Mn; 1.0 Ni; pH - 1.49. Сорб-

ционную очистку стока проводили в статическом режиме при расходе сорбентов 1–7 г/л в течение 60 минут.

Установлено, что при использовании как исходного, так и модифицированного минерала происходит увеличение pH раствора, что позволяет исключить применение других химических реагентов для нейтрализации кислых промышленных вод (см. таблицу). Сорбция в представленном растворе начинается после pH > 4. Дальнейшее повышение значений pH дает возможность выделить из раствора не только мышьяк, но и практически все металлы, присутствующие в стоке. Модифицированный брусит проявляет большую сорбционную активность к токсиканту.

Номер	Количество сорбента, г/л	рН	Концентрация, мг/л								
пробы			As	Al	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn		
Исх.		1.49	43.0	0.7	32.0	3.5	0.5	1.0	168		
Природный брусит											
1	1	1.88	25.7	0.6	21.0	2.9	0.3	0.6	130		
2	2	2.76	25.6	0.6	20.7	3.5	0.4	0.1	128		
3	3	4.98	24.0	0.2	16.5	н/о	0.5	0.1	129		
4	4	5.95	15.4	н/о*	6.5	н/о	0.4	0.1	128		
5	5	6.6	12.1	н/о	1.5	н/о	0.4	0.1	129		
6	6	6.7	10.3	н/о	0.8	н/о	0.4	0.1	129		
7	7	6.9	4.5	н/о	0.2	н/о	0.4	0.1	123		
Модифицированный брусит											
1	1	2.04	26.0	0.7	22.0	3.1	0.3	0.2	142		
2	2	6.85	5.6	н/о	0.5	н/о	0.4	0.2	132		
3	3	7.14	0.21	н/о	0.07	н/о	0.4	0.03	94.1		
4	4	7.36	0.09	н/о	0.04	н/о	0.4	0.02	46.6		
5	5	8.45	н/о	н/о	0.02	н/о	0.3	0.01	1.25		
6	6	9.65	н/о	н/о	н/о	н/о	0.006	н/о	0.2		

^{*}н/о – на грани обнаружения

Проведены серии опытов по раздельному выделению элементов из раствора на брусите. Методом рентгено-флуоресцентной спектроскопии выполнен анализ полученных осадков. Осадки, полученные в первые ступени сорбции, содержащие в основном мышьяк и железо, можно подвергать утилизации. Осадки, полученные на последующих ступенях сорбции, содержащие мышьяк менее 1% и значительные количества меди, цинка, никеля и т.д., могут быть переработаны с целью выделения этих металлов.

Таким образом, результаты исследований открывают реальную перспективу эффективного использования брусита в сорбционной технологии для глубокой очистки сточных вод от мышьяка.

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ РАЗРЫВЕ ПОДВОДНОГО ТРУБОПРОВОДА

О.Р. Набиева*

С помощью уравнений плановых течений проведена серия численных экспериментов по изучению динамики распространения примеси в реке в случае вероятной аварии на подводных трубопроводах.

Город Новосибирск расположен на двух берегах реки Обь в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС, причем очистные сооружения канализации, где происходит очистка сточных вод, в том числе и г. Бердска, находятся на левом. Стоки подаются по канализационным напорным дюкерным переходам по руслу Оби.

В условиях регулирования речного стока, при резком повышении-снижении уровня воды в случае аварии возможно загрязнение не только водной среды, но и береговой зоны. Сточные воды также несут в себе опасность ухудшения санитарноэпидемиологического состояния водотока и прибрежной территории [1].

При проведении водолазных работ МУП «Горводоканал» в 2003–2004 гг. было отмечено, что на фоне общих русловых процессов на Оби в районе подводных переходов произошло понижение отметок дна в русловой части. На отдельных участках канализационных дюкеров обнаружены развивающиеся воронки местного размыва грунта с оголением труб, подмывом и угрозой образования провисов.

_

^{*} Ст. преподаватель кафедры гидротехнических сооружений и гидравлики НГАСУ (Сибстрин)

1. Постановка задачи

Рассматривается участок реки Обь в районе Новосибирска, где проложены канализационные дюкерные переходы и подводные нефтепроводы. Ниже по течению находятся такие важные рекреационные объекты, как Заельцовский парк (с пляжной зоной), о. Кудряш, на котором расположено дачное общество «Волна», о. Медвежий. Поэтому представляется важным оценить прохождение фронта примеси и ее локацию при вероятной аварии на канализационном дюкере.

Расчет проведен на основе численной модели, разработанной в Институте водных и экологических проблем СО РАН В.А. Шлычковым [2], имеющей следующие блоки:

- 1. Двумерная вертикально осредненная модель плановых течений водотоков (гидродинамическая составляющая).
- 2. Модели переноса и диффузии примесей в водной среде (гидрохимическая составляющая).

Для расчета гидравлических параметров речного потока используется система уравнений Сен-Венана. В горизонтальной плоскости введена декартова система координат с осями x, y так, что средняя ориентация русла совпадает с направлением оси y. Гипсометрия поверхности руслового ложа задана уравнением $z = \delta(x, y)$.

Уравнения плановых течений имеют вид [1]:

$$\begin{split} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial huu}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} &= -gh\frac{\partial (h+\delta)}{\partial x} + \tau_x - \frac{\lambda_h}{2} \Big| \vec{u} \Big| u \,, \\ \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial hvv}{\partial y} &= -gh\frac{\partial (h+\delta)}{\partial y} + \tau_y - \frac{\lambda_h}{2} \Big| \vec{u} \Big| v \,, \\ \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial vh}{\partial y} &= 0. \end{split}$$

Детальное описание расчетных уравнений и численной модели приведено в [1, 2]. <u>Краевые условия</u>. Во входном створе считается известным суммарный расход реки Q_1 . В поперечнике выходного створа задается уровень свободной поверхности, пересчитанный в глубины h.

<u>Начальные условия.</u> Равенство нулю по осям x и y компонент скорости u = v = 0 и пространственное распределение глубин h в момент t = 0.

Гидрологической базой для расчетов служили данные наблюдений по уровням воды на гидрологическом посту «Новосибирск».

2. Результаты расчетов

Основные численные эксперименты проведены при установившемся режиме движения с величинами расходов воды

 $Q=1100,\ 1300,\ 1500,\ 2000\ {\rm m}^3/{\rm c},\ {\rm xapaктephыmu}$ для летнего периода, на участке длиной около 25 км.

Задача решалась в два этапа. Вначале путем интегрирования системы уравнений (*) рассчитывались векторное поле скоростей u,v и скалярное поле глубин потока h, отвечающие заданному расходу Q_1 . На втором этапе решалась нестационарная задача переноса загрязняющей поток субстанции (в данной работе приведены результаты по моделированию примеси в виде красителя) на основе предварительно рассчитанных характеристик поля скоростей. Цель расчетов состояла в изучении динамики распространения шлейфа примесей речного потока в различные по водности режимы реки, а также при возникновении вероятной аварии на различных участках трубопровода. Локация места возможного разрушения трубопровода задавалась на основе результатов водолазных обследований.

Рассмотрены вероятные аварии на двух канализационных дюкерах: Саратовском и Заельцовском, находящемся на расстоянии менее 1 км ниже по течению.

На рис. 1 и 2 проиллюстрированно распространение пятна примеси в результате возможного разрыва Саратовского дюкерного перехода. Предполагаемый разрыв происходит на одной из

ниток примерно в двухстах метрах от правого берега. Продолжительность аварии задавалась исходя из возможностей быстрой ее ликвидации: от 1 часа до 10 часов (например, если разрыв произошел ночью). На рисунках приведенных ниже, контуром выделена расчетная область, куда входит русло реки, имеющее более криволинейные очертания и меняющееся в зависимости от водности реки.

На рис. 1 зафиксировано поле примеси, фронт которой прошел около 3 км вниз по течению вдоль правого берега со средней скоростью 0.5 м/с, частично скапливаясь в прибрежной зоне, где находится Заельцовский парк и пляжная зона.

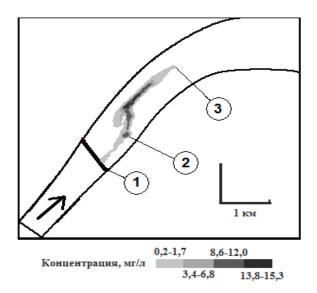


Рис. 1. Начало распространения пятна примеси по реке: 1 – дюкер, 2 – накопление примеси, 3 – фронт примеси, стрелочка – направление течения реки (время расчета – 2 часа; мощность источника примеси (суммарная по вертикали) – $2000 \ (\Gamma/\text{M}^2 \cdot \text{c})$)

Достигнув острова Заячий, примесь начинает огибать его с обеих сторон, хотя судоходным и более глубоким является левый рукав (см. рис. 2).

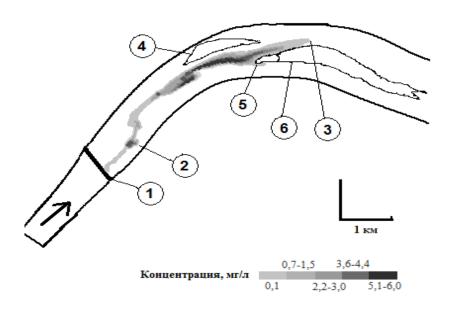


Рис. 2. Распространение пятна примеси по реке спустя 4 ч после аварии: 1 — дюкер, 2 — накопление примеси, 3 — фронт примеси, 4 — о. Кудряш, 5 — о. Заячий, 6 — о. Медвежий

Были рассмотрены варианты аварий на обоих дюкерных переходах с различными локациями мест разрушений: недалеко от берега и в середине русла. Выявлено, что наиболее негативные последствия повлечет за собой авария на Заельцовском дюкерном переходе недалеко от правого берега, вдоль которого происходит скопление примеси, в результате чего увеличивается вероятность вторичного загрязнения водной среды. Наименьшее воздействие на загрязнение прибрежной зоны и речно-

го потока окажет разрыв трубопровода в середине реки на Саратовском дюкере, поскольку высокие скорости течения будут способствовать перемешиванию и разбавлению загрязняющих веществ.

Таким образом, первые 2 часа аварии являются для экосистемы реки самыми негативными в силу наибольшего содержания примеси в воде, а уже через 10 часов после аварии максимальные концентрации составляют на Заельцовском дюкере около 5 мг/л, а на Саратовском -3 мг/л.

Список литературы

- Набиева О. Р. Применение двумерной плановой модели распространения загрязнения в речном потоке при оценке короткопериодной аварии на канализационном дюкере / О. Р. Набиева // Известия вузов. Строительство. 2009. № 9 (609). С. 46–51.
- 2. Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2007611110. Численная гидродинамическая модель плановых течений, переноса примесей и русловых деформаций в водоемах и водотоках / В. А. Шлычков. 2007.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛН ПРОРЫВА В РУСЛЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ, СТЕСНЕННОГО ПРЕПЯТСТВИЕМ В ВИДЕ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ВЫСТУПОВ ТРЕУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

А.С. Плетнев*

Излагаются результаты экспериментального изучения волн прорыва в русле прямоугольной формы поперечного сечения, стесненного препятствием в виде призматических выступов треугольной формы поперечного сечения.

В работе определены характеристики волн прорыва в русле прямоугольной формы поперечного сечения, стесненного препятствием в виде призматических выступов треугольной формы поперечного сечения.

Экспериментальное исследование выполнялось в учебноисследовательской лаборатории кафедры гидротехнических сооружений и гидравлики НГАСУ (Сибстрин) на базе комплексной экспериментальной установки (большой гидравлический лоток) с рабочей длиной 16 000 мм и размерами поперечного сечения 380×500 мм, которая представлена на рис. 1.

Для создания начального перепада уровня свободной поверхности в опытах с волнами использовался плоский вертикальный затвор. Щит удалялся за 0.08 с.

Сужения выполнены из пластика ПВХ и крепятся к стенкам лотка. Сужение канала составляет 80% от первоначальной ширины канала. Расстояние от затвора до сужений выбрано не случайно. Необходимо, чтобы волна при подходе к сужениям была полностью сформированной. Поэтому сужения установлены на расстоянии 2 м от затвора.

^{*} Аспирант кафедры гидротехнических сооружений и гидравлики НГАСУ (Сибстрин)



Рис. 1. Экспериментальная установка (большой гидравлический лоток)

Для регистрации параметров волновых процессов использовался измерительный комплекс, который включал:

- восьмиканальные кондуктивные измерители уровня волномеры, позволяющие регистрировать параметры волновых процессов (рис. 2);
- систему на основе аналого-цифрового преобразователя PCL 1731-А для реализации одновременной записи результатов измерений в восьми фиксированных точках (сигналы от восьми волномеров) (рис. 3);
- лицензионное программное обеспечение, позволяющее обрабатывать результаты измерений на ЭВМ.



Рис. 2. Волномер



Рис. 3. Система аналого-цифрового преобразования

Схема расположения волномеров представлена на рис. 4. Здесь символами В1, В2, В3, В4, В5, В6, В7 и В8 обозначены волномеры, установленные в различных сечениях лотка.

Была проведена серия экспериментов при постоянной глубине в верхнем бъефе $H_1=$ const и различных глубинах в нижнем бъефе H_2 ($H_1=363$ мм; $H_2=25$; 50; 75; 100; 125; 150; 175; 200; 225 мм).

Результаты записи волномеров представлялись в виде графиков функции h = f(t).

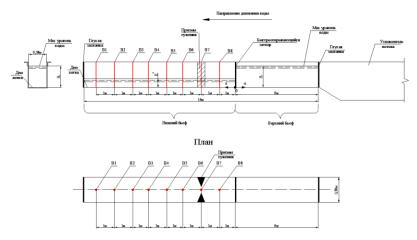


Рис. 4. Схема расположения волномеров

На рис. 5 приведен пример записи колебаний уровня при $H_2 = 25$ мм и $H_1 = 363$ мм. Здесь по оси абсцисс указано время, отсчитываемое от начала эксперимента — момента удаления щита. По оси ординат указываются глубины потока в местах установки датчиков. На рис. 5 символами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 обозначены показания соответственно волномеров B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7 и B8.

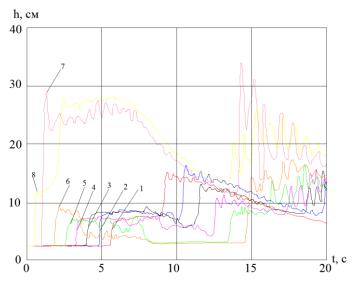


Рис. 5. Запись колебаний уровня воды при $H_1 = 363$ мм и $H_2 = 25$ мм

Характер волн в сериях примерно один и тот же. Отличием является то, что волномер 5 при глубинах воды в нижнем бъефе 0.025, 0.050 и 0.075 м регистрирует поднятие уровня воды через 1–1.5 с после удаления затвора, а через 2.5–3 с после удаления затвора наблюдается понижение уровня воды. Чем меньше первоначальный уровень нижнего бъефа, тем ниже опускается уровень воды после прихода волны прорыва. При глубине нижнего бъефа 0.025 м глубина после прихода волны прорыва опускается до первоначального уровня. Понижение уровня связано с тем,

что при прохождении волны через сужения образуется сильно аэрированный поток с большими скоростями, который выталкивает воду из нижнего бъефа.

На графиках хорошо видно, что при прохождении волны через сужения (волномер 7) уровень воды в месте сужения резко повышается (см. рис. 5). При проведении эксперимента во всех сериях наблюдался всплеск, когда вода выплескивалась из лотка. Такое явление наблюдалось и при приходе отраженной волны из верхнего бьефа и отраженной волны из нижнего бьефа (см. рис. 5).

В дальнейшем предполагается выполнить эксперименты в призматическом лотке, с треугольной и трапецеидальной формами поперечного сечения в условиях стеснения русла призматическими вертикальными вставками, имитирующими конструкции и элементы гидротехнических сооружений, а также участки стеснения водотока неразмываемыми фрагментами бортов.

Список литературы

- 1. Гидродинамические аспекты нештатных и аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях: монография / А. А. Атавин, В. И. Букреев, О. Ф. Васильев, В. В. Дегтярев, А. П. Яненко; под ред. д-ра техн. наук, проф. В. В. Дегтярева. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2009. 327 с.
- 2. *Букреев В. И.* Гравитационные волны при распаде разрыва над уступом дна открытого канала / В. И. Букреев, А. В. Гусев // Прикладная математика и техническая физика. 2003. Т. 44, № 4. С. 64—75.
- 3. *Букреев В. И.* Распад разрыва свободной поверхности над уступом дна канала / В. И. Букреев, А. В. Гусев, В. В. Остапенко // Изв. РАН. Сер. МЖГ. 2003. № 6. С. 72–82.
- 4. Экспериментальная проверка газогидравлической аналогии на примере задачи о разрушении плотины / В. И. Букреев [и др.] // Изв. РАН. Сер. МЖГ. 2004. № 5. С. 143–152.
- 5. Дегтярев В. В. (мл.) Физическое моделирование нестационарных гидродинамических процессов, возникающих при чрезвычайных аварийных ситуациях на гидротехнических сооружениях / В. В. Дегтярев (мл.), В. Н. Шаталина // Труды НГАСУ. Новосибирск, 2002. Т. 5, № 2 (17). С. 45–52.

МЕТОДЫ АКТИВАЦИИ ЦЕМЕНТОВ, ХРАНИВШИХСЯ ДЛИТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ, И СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Л.В. Ильина*, Г.И. Бердов**, Н.А. Машкин****

Рассматривается возможность восстановления активности цементов, хранившихся длительное время, введением добавок электролитов и дисперсных минеральных добавок.

Воздействие окружающей среды приводит к частичной гидратации и карбонизации цемента, что вызывает снижение его активности при гидратационном твердении, уменьшение прочности образцов при сжатии и изгибе [1]. Это обусловливает необходимость использования методов, обеспечивающих восстановление активности цемента после его длительного хранения. Такими методами являются раздельное или совместное введение дисперсных минеральных добавок [2] и электролитов [3].

В данной работе в качестве вяжущего для изготовления образцов цементного камня, цементно-песчаного раствора и бетона применялся портландцемент ASTM C-150 PO 42,5 Туре I/II производства компании Shandong Shanshui Cement Group LTD (Sunnsy, Китай). Исследованы пробы цемента после хранения в течение 23 месяцев. Цемент хранился в биг-бегах в закрытом неотапливаемом складе на поддонах. Минералогический состав цемента, % мас.: $C_3S - 50.0-54.4$; $C_2S - 14.2-18.2$; $C_3A - 6.0-6.8$; $C_4AF - 11.6-12.0$. Его химический состав, % мас.: $SIO_2 - 20.8-21.5$;

*** Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительных материалов и специальных технологий НГАСУ (Сибстрин)

^{*} Канд. техн. наук, доцент кафедры строительных материалов и специальных технологий НГАСУ (Сибстрин)

^{**} Д-р техн. наук, профессор кафедры химии НГАСУ (Сибстрин)

 $Al_2O_3 - 5.3$ –5.8; $Fe_2O_3 - 3.25$ –3.50; CaO - 60–65; MgO - 1.7–3.0; $SO_3 - 2.7$ –3.0; нерастворимый остаток – 0.1–0.7.

В составе цементно-песчаного раствора соотношение цемент : песок составляло 1 : 3. Состав бетонной смеси, $\kappa \Gamma/M^3$: цемент – 333 $\kappa \Gamma$, песок – 615 $\kappa \Gamma$, щебень – 1300 $\kappa \Gamma$, вода – 226 π .

В качестве дисперсных минеральных добавок использовали измельченные природные породы – волластонит и диопсид.

Волластонит — однокальциевый силикат (CaO·SiO₂). В работе использована измельченная волластонитовая порода Слюдянского месторождения, имевшая состав, % мас.: SiO₂ - 47.0; CaO - 49.4; MgO - 1.2; Al₂O₃ - 0.1; Fe₂O₃ - 0.1; п.п.п. - 2.1.

Диопсид — силикат кальция и магния (CaO·MgO·2SiO₂). В работе применялся диопсид Алданского месторождения (Республика Caxa (Якутия)), имевший состав, % мас.: SiO₂ - 50.3; CaO - 24.6; MgO - 15.6; Al₂O₃ - 3.4; Fe₂O₃ - 5.8; R₂O - 0.3.

Добавки волластонита и диопсида вводились в количестве 7% от массы цемента. Такое их содержание, как показали предыдущие эксперименты, является оптимальным.

В качестве электролитов использованы соли с многозарядными катионами и анионами ($Fe_2(SO_4)_3$, $Al_2(SO_4)_3$). Их введение в количестве 1% от массы цемента обеспечивает восстановление его активности после длительного хранения [3].

Минеральную добавку предварительно измельчали до удельной поверхности $300{\text -}350~\text{m}^2/\text{kr}$. Далее длительно хранившийся портландцемент смешивали с минеральной добавкой и электролитом. При использовании «скомковавшегося» портландцемента смесь измельчали до удельной поверхности, сопоставимой с удельной поверхностью исходного портландцемента, а именно $300{\text -}350~\text{m}^2/\text{kr}$.

Тепловлажностная обработка (ТВО) проводилась по режиму: подъем температуры в течение 3 часов, выдержка при температуре 85 °С в течение 6 часов, снижение температуры в течение 2 часов.

Пределы прочности при сжатии образцов цементного камня, цементно-песчаного раствора и бетона приведены в табл. 1–3.

Полученные результаты показывают, что введение 7% мас. дисперсных минеральных добавок (волластонит, диопсид) и 1% мас. электролитов с многозарядными катионами и анионами (Fe₂(SO₄)₃, Al₂(SO₄)₃) позволяет при использовании длительно хранившегося (23 месяца) портландцемента:

- увеличить прочностные показатели цементного камня в 2 раза при твердении как в условиях ТВО, так и при нормальных условиях;
- увеличить прочностные показатели цементно-песчаного раствора в 2.5 раза при твердении как в условиях ТВО, так и при в нормальных условиях;
- увеличить прочностные показатели тяжелого бетона в 2.1 раза при твердении в условиях ТВО и в 2.3 раза – при твердении в нормальных условиях.

Таблица 1

Влияние добавок минеральных наполнителей и электролитов на прочность (МПа) образцов цементного камня, изготовленных из портландцемента, хранившегося 23 месяца

Вид и количество добавок												
без до- бавок	1% і электр		7% : воллас и 1% электр	тонита мас.	добавка 7% мас. диопсида и 1% мас. электролита							
	$Fe_2(SO_4)_3$	$Al_2(SO_4)_3$	$Fe_2(SO_4)_3$	$Al_2(SO_4)_3$	$Fe_2(SO_4)_3$	$Al_2(SO_4)_3$						
Твердение в условиях тепловлажностной обработки												
37.9	47.8	51.6	67.6	73.0	80.3	83.7						
Твердение 28 суток в нормальных условиях												
42,9	56.7	60.2	75.9	78.3	86.6	89.1						

Таблица 2 Влияние добавок минеральных наполнителей и электролитов на прочность (МПа) образцов, изготовленных из цементно-песчаного раствора на основе портландцемента, хранившегося 23 месяца

Вид и количество добавок													
без доба- вок		1% мас. электроли- тов			7% мас. волластонита и 1% мас. электролита			7% мас. диопсида и 1% мас. электро- лита					
		$Fe_2(SO_4)_3$ $Al_2(SO_4)_3$		SO ₄) ₃	Fe ₂ (SO ₄) ₃		$Al_2(SO_4)_3$		Fe ₂ (SO ₄) ₃		$Al_2(SO_4)_3$		
$R_{_{\text{ИЗ}\Gamma}}$	R _{сж}	$R_{_{\text{ИЗ}\Gamma}}$	R _{сж}	$R_{_{\text{ИЗ}\Gamma}}$	R _{сж}	$R_{_{\text{ИЗ}\Gamma}}$	R _{сж}	$R_{_{\rm II3\Gamma}}$	R _{сж}	$R_{_{\text{ИЗ}\Gamma}}$	R _{сж}	$R_{_{\rm M3\Gamma}}$	R _{сж}
Твердение в условиях тепловлажностной обработки													
3.1	16.4	3.7	20.8	4.0	22.8	6.5	34.1	6.9	36.0	8.0	38.8	8.7	42.4
Твердение 28 суток в нормальных условиях													
3.7	18.1	4.6	23.8	5.0	25.9	7.8	38.7	8.2	39.4	8.8	42.7	9.0	45.3

Таблица 3 Влияние добавок минеральных наполнителей и электролитов на прочность (МПа) образцов бетона, изготовленных на основе портландцемента, хранившегося 23 месяца

	Вид и количество добавок								
Условия и продолжи- тельность	без доба- вок	1% мас трол	с. элек- итов	1% мас	. волла- ита и с. элек- ита	7% мас. диоп- сида и 1% мас. элек- тролита			
твердения		Fe ₂ (SO ₄) ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃		
TBO	12.5	15.2	16.6	21.7	22.2	24.6	26.9		
Нормальные условия, 3 сут	2.4	3.5	3.2	4.1	4.5	5.2	5.7		
Нормальные условия, 7 сут	4.5	6.4	6.0	7.8	8.2	9.6	10.1		
Нормальные условия, 14 сут	8.1	11.6	10.8	13.9	14.6	17.0	18.3		
Нормальные условия, 28 сут	14.5	20.2	18.4	24.7	25.9	30.8	33.9		

Как показывает сопоставление полученных результатов между собой и с ранее полученными данными, основной вклад в увеличение прочности цементных материалов вносят дисперсные минеральные добавки. Вместе с тем введение электролитов дополнительно к дисперсным минеральным добавкам приводит к дальнейшему увеличению прочности образцов, так как механизм действия минеральных добавок и электролитов различен.

Скорость набора прочности образцов бетона несколько больше при введении добавок электролитов, чем у исходного состава без добавок, но эти отличия не велики.

Соотношение значений прочности при сжатии к прочности при изгибе образцов цементно-песчаного раствора во всех случаях примерно одинаково, т.е. формирующаяся структура цементного камня однотипна, но в случае введения минеральных добавок отличается большей прочностью.

Таким образом, введение 7% мас. дисперсных минеральных добавок и 1% мас. электролитов с многозарядными катионами и анионами обеспечивает восстановление активности цемента, хранившегося в течение 23 месяцев, и повышение в 2–2.5 раза прочности получаемых с его применением цементных материалов (цементного камня, цементно-песчаного раствора и тяжелого бетона).

Список литературы

- Ильина Л. В. Влияние продолжительности и условий хранения портландцемента на его свойства / Л. В. Ильина, Г. И. Бердов, А. В. Мельников // Известия вузов. Строительство. 2010. № 6. С. 19–23.
- 2. *Нанопроцессы* в технологии строительных материалов / Г. И. Бердов, В. Н. Зырянова, А. Н. Машкин, В. Ф. Хританков // Строительные материалы. 2008. № 7. С. 78–80.
- 3. *Влияние* добавок электролитов на прочность образцов, изготовленных из длительно хранившегося портландцемента / Г. И. Бердов, Н. А. Машкин, Л. В. Ильина, М. А. Раков // Строительные материалы, 2010. № 8. С. 48–50.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ СТРОЙИНДУСТРИИ

В.Ф. Панова*

Приведена методика оценки техногенных продуктов для их применения в производстве строительных материалов.

1. Классификация техногенного сырья по агрегатному состоянию в момент его выделения из основного технологического процесса

Такая классификация позволяет оценить отходы промышленности с позиций дальнейшего использования этого сырья.

Класс A – продукты, не утратившие природные свойства: карьерные остатки, хвосты обогащения.

- Класс Б искусственные продукты, полученные в результате глубоких физико-химических процессов, после температурной или химической обработки:
- 1) продукты, образовавшиеся при температуре ниже температуры спекания и представляющие собой в основном силикатные системы неопределенного фазового состава; содержат остатки исходного сырья и значительные количества свободных CaO, MgO, SiO₂. В зависимости от валового химического состава в них могут присутствовать силикаты, алюминаты, ферриты кальция и др.;
- 2) продукты, образовавшиеся при высоких температурах с полным или частичным расплавлением масс. В зависимости от режима охлаждения и состава вторичное сырье может представлять собой кристаллические, стеклообразные или смешанные продукты;
- 3) продукты, образовавшиеся из растворов. Состоят, как правило, из солей нерастворимых комплексов и органических соединений.

Класс В – продукты, образовавшиеся в результате длительного хранения в отвалах, шламонакопителях или прудах-

^{*} Канд. техн. наук, профессор СибГИУ (Новокузнецк)

отстойниках, например, продукты распада, горелые породы – продукты самопроизвольного обжига.

Предлагается следующая последовательность изучения промышленных отходов (рис. 1).

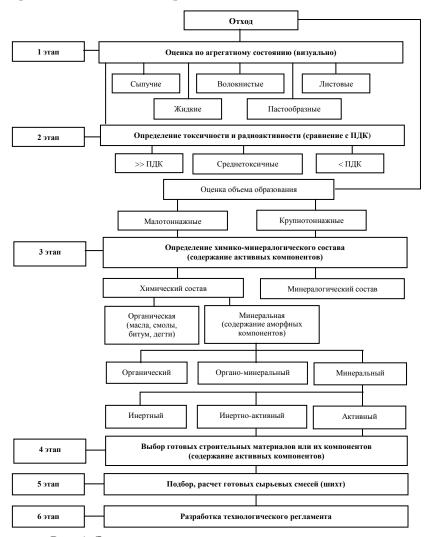


Рис. 1. Этапы исследования промышленных отходов

Предельно допустимые концентрации (ПДК) токсичных веществ, выделяемых в воздух, приведены в табл. 1.

Таблица 1 Токсичные вещества и их предельно допустимые концентрации

	ПДК, мг/м ³			
Вещество	максималь- ная, разовая	среднесу- точная		
Марганец и его соединения	_	0.01		
Мышьяк	_	0.003		
Двуокись азота – NO ₂	0.085	0.085		
Оксид углерода – СО	3.0	1.0		
Пыль нетоксичная	0.5	0.15		
Ртуть металлическая	_	0.0003		
Свинец и его соединения (в Pb)	_	0.0007		
Свинец сернистый – PbS	_	0.0017		
Сажа (копоть)	0.15	0.05		
Серная кислота – H ₂ SO ₄	0.3	0.1		
Сернистый ангидрит – SO ₂	0.5	0.05		
Сероводород – H ₂ S	0.008	0.008		
C ероуглерод – CS_2	0.03	0.005		
Фтор и фтористый водород – HF	0.02	0.005		
Хлористый водород – HCl	0.05	0.015		

2. Классификация материалов по радиоактивности

Данная классификация осуществляется по ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение эффективной удельной активности естественных радионуклидов», который определяет направления использования сырья и область его применения в строительстве (табл. 2).

Таблица 2 Классификация материалов по их радиоактивности

Суммарная удельная актив- ность, Бк/кг	Класс	Область применения			
До 370	1	Все виды строительства			
370740	2	Дорожное строительство в пределах населенных пунктов, промышленное строительство			
7401350	3	Дорожное строительство вне населенных пунктов			
Более 1350	4	Вопрос о возможности применения решается согласованием с Госкомсанэпиднадзором			

Радиоактивными элементами являются:

$$Ra^{226}$$
 (радий), Th^{232} (торий), K^{40} (калий).

Удельная активность радионуклида (A) — отношение активности радионуклида в образце к массе образца, Бк/кг.

Удельная эффективная активность ЕРН ($A_{9\phi\phi}$) — суммарная удельная активность естественных радионуклидов (ЕРН) в материале — определяется с учетом их биологического воздействия на организм человека по формуле:

$$A_{adab} = A_{Ra} + 1.31 \cdot A_{Th} + 0.085 \cdot A_{K}$$

где $A_{\rm Ra}, A_{\rm Th}, A_{\rm K}$ – удельные активности соответственно радия, тория, калия, Бк/кг.

3. Химический состав промышленных отходов как фактор определения направления их применения

По характеру и свойствам промышленные отходы подразделяются на кислые и основные; оцениваются модулем основности ($M_{\it och}$):

$$\frac{(\text{CaO} + \text{MgO})\%}{(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)\%}$$

 $M_{och} > 1$ – основное сырье.

 $M_{och} \leq 1$ – кислое сырье.

Для химической характеристики силикатов предложено использовать эмпирический коэффициент основности (K_{ocn}).

$$\hat{E}_{\text{lit}} = \frac{(\tilde{\text{Na}}\hat{\textbf{l}} \ + 0.93\text{MgO} + 0.6\text{R}_2\text{O}) - (0.55\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.35\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.7\text{SO}_3)}{0.93\text{SiO}_2}.$$

Числитель показывает количество условно свободного CaO, необходимого для образования силикатов кальция, а знаменатель — количество CaO, необходимого для связывания SiO_2 в моносиликат кальция.

Классификация сырья по коэффициенту основности:

- 1. Ультракислые K_{och} < 0.
- 2. Кислые $K_{och} = 0...0.8$.
- 3. Нейтральные $K_{och} = 0.8...1.2$.
- 4. Основные $K_{och} = 1.2...1.6$.
- 5. Ультраосновные $K_{och} > 3$.

Предложено использовать характеристику коэффициента основности для сырьевых материалов с целью их применения в стройиндустрии, т.е. при изготовлении различных строительных материалов (рис. 2), а также с целью расчета состава сырьевой смеси бесклинкерного вяжущего, например известково-зольного или известково-шлакового.

Расчет шихты с заданным K_{ocn}

- 1. Технолог выбирает два вида сырья:
 - а) $K_{och} < 1$, т.е. с недостатком извести;
 - б) $K_{och} > 1$, т.е. с некоторым избытком CaO.
- 2. Задает необходимое значение $K_{och}(n)$. Для нахождения соотношения компонентов решается уравнение:

Сырье с
$$K_{och} > 1$$
 / Сырье с $K_{och} < 1 =$

$$=\frac{\left[\left(\tilde{N}\tilde{a}\hat{l}^{2}+0.93Mg\hat{l}^{2}+0.6R_{2}\hat{l}^{2}\right)-\left(n0.93SiO_{2}+0.55Al_{2}O_{3}+0.35Fe_{2}O_{3}+0.7SO_{3}\right)\right]x}{\left(n0.93SiO_{2}+0.55Al_{2}O_{3}+0.35Fe_{2}O_{3}+0.7SO_{3}\right)-\left(CaO+0.93MgO+0.6R_{2}O\right)}=1,$$

где n — заданное для шихты значение K_{ocn} , x — количество массовых частей сырья с $K_{ocn} > 1$ на одну массовую часть сырья с $K_{ocn} < 1$.

Сложив оба исходных сырьевых компонента в x пропорции, рассчитывают химический состав шихты и проверяют его по заданному K_{ocn} .

Направление использования

Стекло Ситаллы Заполнитель, в т.ч. для си- ликатных ма- териалов	Керамика Заполнитель, в т.ч. для си- ликатных ма- териалов	Безобжиговые м териалы Заполнитель, в т.ч. для силика ных материалов Минерал	Вяжущие вещества, в т.ч. для силикатных материалов		
Ультракислые	Кислые	Нейтральные	Основные	Ультраосновные	
<u>-</u> ∞ 0	0.8 Отходы угле- обогащения Золы камен- но-угольные (Кузбасские) Доменные шлаки	1.2 Золы каменно- угольные (Куз- басские) Хвосты обога- щения железной руды Доменные шлаки	1.6 Сталепла- вильные шла- ки Шламы	$+\infty K_{ocn}$ Золы буро- угольные (Краснояр- ский край) Газоочисти- тельная пыль известкового хозяйства	

Сырьевые материалы (техногенные отходы)

Рис. 2. Направления использования техногенных продуктов в зависимости от K_{och}

4. Исследование отхода как заполнителя

Известно, что с повышением содержания CaO сырье склонно к распаду. Разрушение может происходить и вследствие силикатного, известкового, железистого и марганцевого распадов, которые также сопровождаются значительным увеличением первоначального объема.

Силикатный распад вызывает двухкальциевый силикат, который из неустойчивой формы ($\gamma 2\tilde{N}a\hat{l} \cdot SiO_2$) при 675 °C переходит в стабильное состояние ($\beta 2\tilde{N}a\hat{l} \cdot SiO_2$), что сопровождается увеличением его объема на 10%. В результате материал

рассыпается. Формулы оценки устойчивости заполнителя к силикатному распаду:

$$SiO_{2min} = \frac{100 - \sum RO}{2.5}$$
, $CaO_{max} = \frac{100 - \sum RO}{1.8}$,

где RO – сумма оксидов шлака, за исключением CaO и SiO₂.

Заполнитель из техногенных продуктов считается распадающимся, если содержание ${\rm SiO_2}$ меньше, а CaO больше, чем их количество, определенное расчетом по формулам.

Известиковый, железистый распад происходит вследствие гидратации извести, сульфидов железа FeS, а также MnS, MeS (сернистые соединения металлов) под влиянием атмосферной влаги. В результате этой реакции объем увеличивается на 38%:

$$FeS + H_2O = Fe(OH)_2 + H_2S.$$

* *

Использование изложенной методики позволило исследовать отходы металлургического производства, составить шихты для получения вяжущих из известьсодержащих отходов (отходов производства извести, основной золы) и металлургических шлаков и золы и сделать заключение об использовании тех или иных техногенных продуктов в качестве заполнителя.

По результатам исследований поданы заявки и получены патенты № 2232139, № 2296726, № 2258684, № 2327668, № 2232735.

К ВОПРОСУ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА¹

В.П. Гилета*, **Н.А.** Чусовитин**

Рассматривается синтез малогабаритного рычажного пространственного перемешивающего механизма с рациональными структурными и кинематическими параметрами.

Известно, что в механических перемешивающих устройствах сокращение застойных зон посредством увеличения размеров его рабочего органа, соединенного с электродвигателем и, соответственно, совершающего плоское движение с постоянной скоростью, а также секционирование объемов перемешивания нельзя признать рациональным [1]. В связи с этим наилучшим конструкторским решением, увеличивающим производительность, качество выходного продукта, при уменьшении энергозатрат, представляется пространственный механизм (рис. 1), синтезированный одноподвижными кинематическими парами {O2, A-C, B, O1} и звеньями {O2A, BC, O1B, O1O2}, имеющими длины 11, 12, 13 и 10 соответственно.

Поскольку в основу синтезированного устройства положена структура кулисного механизма, вращающийся рабочий орган, присоединенный к консоли винта ВС, перемещается в проблемную зону перемешивания и эффективно воздействует на вещества, находящиеся там. При этом варьирование его скорости вращения создает дополнительную турбулентность в смешиваемых материалах, что позволяет увеличить их однородность, сократить время технологического процесса.

¹ Работа выполнена при поддержке гранта № 02.740.11.0819 ФЦП на 2009–2013 гг.

^{*}Д-р техн. наук, профессор НГТУ (Новосибирск)

^{**} Канд. техн. наук НГТУ (Новосибирск)

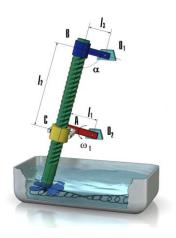


Рис. 1. Схема механизма

Механизм нашел применение в подготовительных технологических операциях, в частности, в строительной промышленности, при подготовке к использованию многокомпонентных клеев, применяемых для сращивания деревянных изделий. Необходимость таких операций обусловлена осаждением при транспортировке тяжелых компонентов клея.

Перемешивание материалов реализуется вращением рабочего органа, соединенного с консолью кулисы, с аналогами угловых скоростей ϕ'_{22} и ϕ'_2 относительно оси BC и стойки O_1 , найденных из дифференциальных выражений проекций векторных контуров механизма, решение которых проведено методом Γ . Крамера. Вращательное движение рабочего органа вокруг оси BC является относительным, а качательное движение вокруг опоры O_1 — переносным.

Для оценки функциональных возможностей механизма в работе использованы критерии эффективности движения рабочего органа h и H, равные отношениям аналогов угловых скоростей ϕ'_{22} и ϕ'_2 к пройденным им путям S и S_1 в относительном и переносном движениях, приходящихся на прямой и обратный ход винта [3].

В пространстве относительных параметров $k = (l_1/l_0)^2$, $m = (l_3/l_0)^2$ [4] и угловой координаты φ_1 кривошипа l_1 установлены значения k = 0.01 и m = 0.25, определяющие максимальные величины критерия $h = f(k, m, \varphi_1)$ относительного движения кулисы (рис. 2).

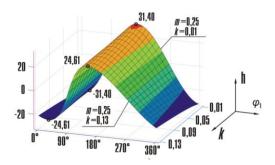


Рис. 2. Критерий эффективности $h = f(k, m, \varphi_1)$

Полученные соотношения длин звеньев механизма k и m позволили установить связь между углом перекрытия θ_2 и углом давления v, которые относят к важнейшим критериям рационального синтеза рычажных механизмов [5]. В синтезированном механизме угол перекрытия θ_2 , равный углу качания винта относительно стойки O_1 , принадлежит рекомендованному интервалу $(0-60^\circ)$. При этом реализуются параметрические условия $\theta_2 < v$ и $v \le 45^\circ$ [4], обеспечивающие существенное снижение динамических нагрузок на палец кривошипа A, повышение качества передачи сил в пространственной винтовой кинематической паре C (см. рис. 1) для реализации вращения винта с аналогом угловой скорости φ'_{22} вокруг оси BC.

Проведенные исследования показали, что максимальные амплитудные значения критерия $H = f(k, m, \varphi_1)$ переносного движения кулисы равны $H = 4.12 \cdot 10^{-3}$ и $H = -5.02 \cdot 10^{-3}$ (рис. 3) и могут быть реализованы только в механизмах с углами $\theta_2 = v 45^{\circ}$ [5] и длинами, удовлетворяющими отношениям k = 0.01 и m = 0.03.

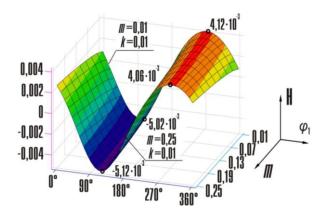


Рис. 3. Критерий эффективности $h = f(k, m, \varphi_1)$

В работе установлено влияние расстояния между опорами стойки l_0 на параметры $h = \frac{\varphi'_{22}}{S}$ и $H = \frac{\varphi'_2}{S_1}$ при выбранных значениях k и m. При этом увеличение значения l_0 не оказывает существенного влияния на критерий h эффективности движения рабочего органа.

Увеличение размеров звеньев механизма при фиксированных параметрах k и m, обусловленное соответствующим изменением размера l_0 , вне зависимости от соотношений углов перекрытия и давления ($\theta_2 = v, \; \theta_2 > v \;$ и $\theta_2 < v$) приводит к уменьшению амплитуд критерия Н эффективности переносного движения рабочего органа.

Полученные рекомендации по выбору длин звеньев учтены в механизме, схема которого приведена на рис. 4. Условия реализации максимальных значений параметров эффективности движения винта обусловили ввод в структуру механизма дополнительного звена — качающегося относительно O_1 ползуна 5, образующего поступательную пару K с коромыслом-дезаксиалом 3 и вращательную пару O_1 со стойкой.

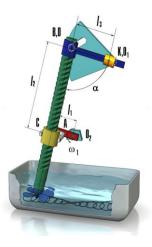


Рис. 4. Рациональная схема механизма

Пара D четвертого класса, образованная винтом 2 и опорой O_1 , совпадающая по положению с вершиной B звена 3, представлена траекторным пазом $D_{1h}D_{2H}$, вписанным в сектор с углом при вершине O_1 и равным углу перекрытия $\theta_{2h\text{-H}}$, и сторонами $D_{1h}O_1=0.5l_0$, $D_{2H}=0.1l_0$.

Угол перекрытия в комбинированном механизме равен $\theta_{2\text{h-H}} = \beta_{1\text{h}} - \theta_{2\text{H}} = 12.041^\circ$. Размер траекторного паза определим из $\Delta D_{1\text{h}} O_1 D_{2\text{H}}$, и он равен $D_{1\text{h}} D_{1\text{H}} = 0.4 l_0$.

Таким образом, механизм имеет подвижность, равную единице (W=1), и состоит из пяти подвижных звеньев (n=5), шести кинематических пар пятого ($p_5=6$) и одной пары третьего ($p_3=1$) класса.

Итак, разработана методика определения рациональных относительных геометрических параметров механизма [2] для достижения наилучших функциональных возможностей перемешивающего устройства при прочих равных условиях.

Список литературы

- 1. *Дытнерский Ю. И.* Процессы и аппараты химической технологии / Ю. И. Дытнерский. М.: Химия, 2002. Т. 1–2. 400 с.
- 2. *Пат.* 2067535 Российская Федерация, МКИ B28C 5/16. Устройство для перемешивания / Н. А. Чусовитин, А. И. Смелягин, А. А. Терских; патентообладатель Новосиб. гос. техн. ун-т. № 94025879/33; заявл. 12.07.94; опубл. 10.10.96, Бюл. № 28. 1 с.: ил.
- 3. *Gileta V. P.* Parametric analysis of device for the mixing with the equal angles overlap and pressure / V. P. Gileta, N. A. Choosovitin // IFOST-2008. The 3rd Intern. strategic technologies. Novosibirsk: NGTU, 2008. P. 414–416.
- 4. *Гилета В. П.* Параметрический синтез пространственного дезаксиального перемешивающего устройства / В. П. Гилета, Н. А. Чусовитин // Проблемы механики современных машин: материалы IV Междунар. конф. Улан-Удэ: Издво ВСГТУ, 2009. Т. 2. С. 22—28.
- 5. *Карелин В. С.* Проектирование рычажных и зубчато-рычажных механизмов : справочник / В. С. Карелин. М. : Машиностроение, 1986. 184 с.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н.А. Попова*

Рассмотрены составляющие методологии стратегического планирования как системы моделей и методов, определяющих выбор стратегий развития за счет использования направленного управления комплексом стратегий по планированию деятельности предприятий.

Эффективность деятельности предприятий в долгосрочном периоде зависит от знаний, основными из которых являются модели развития предприятий и методы определения экономических опасностей, которые ожидаются в долгосрочном периоде.

На практике важное значение имеют две методические задачи: обоснования эффективной стратегии развития и обоснования портфеля стратегий в плане развития [1]. Под эффективной стратегией понимается стратегия, обеспечивающая минимум затрат на реализацию и максимум экономических и социальных результатовдеятельности предприятия. Множество стратегий может быть сгруппировано в три основных класса: стратегии экстенсивного, интенсивного и целевого развития. Эти группы характеризуются определенными особенностями и областями применения. Так, экстенсивные стратегии имеют несложную технологию проектирования и не обеспечивают достоверность обоснования плана. Интенсивные стратегии отличаются сложной технологией проектирования и повышенной достоверностью обоснования плана. Целевые стратегии имеют несложную технологию проектирования и повышенную достоверность обоснования плана. Трудоемкость разработки стратегий определяется уровнем достоверности информации и требует дополни-

_

^{*} Соискатель НГАСУ (Сибстрин)

тельных производственных издержек. Вместе с этим затраты на разработку стратегий определяют уровень экономической безопасности результатов плана. В этих условиях важно использовать различные методы получения достоверной информации для каждого класса стратегий. Несмотря на наличие множества стратегий, их применение в данных условиях недостаточно регламентировано, что затрудняет их использование [2].

Методический подход автора предусматривает формирование комплексной стратегии предприятия в виде программного комплекса стратегий в пространстве стратегического направления, отображаемого параметрами целей, методов, времени. Множество стратегий предприятия определяется матрицей моделей и методов по их реализации.

Модели стратегий характеризуются комплексом моделей трансформаций, включающим «классы развития — формы стратегий преобразований — типы функциональных стратегий». Классы развития включают модели экстенсивного, интенсивного, целевого преобразования и характеризуются уровнем достигаемой эффективности преобразований. Формы стратегий характеризуются признаками кооперирования, специализации, комбинирования с учетом внешних и внутренних факторов развития. Типы функциональных стратегий реализации включают локальные стратегии, которые характеризуются формами собственности, отраслевыми, рыночными признаками специализации предприятия.

Информационная модель стратегии включает векторы с признаками целевой ориентации, матрицу моделей и методов трансформации предприятия. Последние основаны на использовании типовых процедур «SWOT-анализ – метод – компетенция стратегии – проект». Сущность большинства применяемых методов заключается в использовании различных вариантов наборов инструментов для получения приемлемых по критериям предприятия сочетаний «эффект – риск».

Важной задачей является установление компетенций стратегии, которыми отображаются знания о соответствии целевой организации предприятия требованиям рынка. К таким компетенциям относятся:

- размещение, размеры и специализация производственных объектов;
- технология производства;
- экономическая целесообразность преобразований объекта;
- потребность в капитальных вложениях;
- транспортные связи;
- оценки ресурсов и продукции, замыкающие затраты.

Оценки стратегий включают известные методы сравнительного и ситуационного анализа, балансовые методы [3].

Планирование проекта развития основано на использовании стандартных методов проектного анализа с учетом рисков и служит основой их включения в организационные документы проектов. Управление структурой проектов предполагает регулирование рисков в процедурах отклонений и изменений экономической надежности и обусловлено необходимостью учета факторов риска программы. Осуществление этих процессов прямым счетом затруднено из-за большой трудоемкости работ. Вместе с этим управление с помощью ситуационного подхода позволяет повысить достоверность решений за счет использования организационных ситуационных моделей проекта [4].

Обобщенная модель экономической надежности проекта развития включают следующие элементы модели:

- 1. Нормативную экономическую надежность на стадии разработки и реализации проекта, определенную уровнем отклонений параметров и стоимостей проекта в зависимости от влияния рисков, обусловленных внешними и внутренними факторами.
- 2. Структуру ресурсных и денежных потоков в системах «стратегия технология», «стратегия программа»,

- «стратегия предприятие» на стадии проектирования и его реализации.
- 3. Стоимость и продолжительность работ, определенные по элементам объекта, отображаемые в процессе «технология проект предприятие».
- 4. Алгоритмы оптимизации параметров стратегического плана, определяющие порядок формирования отклонений в структуре «стратегия технология».

Области экономической безопасности определяются по трем зонам экономического состояния предприятия: предельной – с затратами, равными нормативному значению; критической – с затратами выше нормативного значения; допустимой – с затратами ниже нормативного значения [5].

Управление реализацией программы средствами проектного портфеля предусматривает выполнение процедур управления, к которым относятся следующие операции: мониторинг внешней среды с идентификацией типа ситуаций; установление процессов проектов, опасных с точки зрения потерь экономических результатов; разработка организационных мероприятий управления опасными процессами проектов в программе; приведение портфеля проектов в форму с нормативными значениями параметров.

В качестве информационной поддержки при разработке моделей могут быть использованы программные продукты ресурсного моделирования потоков на основе сетевых ресурсных моделей Microsoft Project, организационного моделирования — на основе моделей IDEFO.

Для получения суммарной оценки эффективности разработки стратегий необходимо: выбрать классы стратегий методами кластерного анализа на основе критериев оценки сближения параметров компетенций рынка и стратегий развития; выбрать формы стратегий на основе критериев проектного анализа с учетом дисконтирования денежных потоков; выбрать функциональные стратегии на основе критериев экспертных оценок [6]. **Использование подхода** позволяет повысить достоверность и экономическую эффективность реализации стратегических планов за счет направленного проектирования и программирования стратегий с учетом рыночных факторов.

Список литературы

- 1. Даниленко Д. Н. Стратегическое планирование основа развития рыночной экономики / Д. Н. Даниленко // Вопросы формирования и эффективного функционирования рыночной системы : межвуз. сб. науч. тр. / под ред. В. Н. Немцева. Магнитогорск : МГТУ им. Г.И. Носова, 2003. Вып. 5.
- 2. *Петров А. Н.* Стратегическое планирование развития предприятия: учеб. пособие / А. Н. Петров. СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1997.
- 3. *Гусев Ю. В.* Стратегия развития предприятий / Ю. В. Гусев. СПб. : Изд-во СПбУЭФ, 1995.
- 4. *Ансофф И*. Стратегическое управление / И. Ансофф. М. : Экономика, 1993.
- 5. *Клиланд У.* Стратегическое планирование в организациях / У. Клиланд. М., 1998. 367 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНЖИНИРИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

В.В. Герасимов*, **Н.В.** Пятых**

Рассмотрены составляющие эффективности инжиниринга строительных проектов как инструмента повышения управления организационно-экономических решений строительных проектов. Результат достигается за счет использования показателей и мероприятий по регулированию проектных решений.

Инжиниринг – предоставление на коммерческой основе различных инженерно-консультационных услуг производственного, коммерческого, научно-технического характера. Конечной целью инжиниринга является получение заказчиками и инвесторами наилучших результатов от вложенных средств [1].

Строительный инжиниринг имеет двойственную – техникотехнологическую и организационно-управленческую – основу. В качестве технико-технологической дисциплины он опирается на ряд общетехнических и специальных технических дисциплин, на определенную нормативно-правовую основу, современную автоматизированную технологию проектного дела, систему управления рисками и др. Организационно-управленческие аспекты инжиниринга регламентируют определенный порядок формирования специализированных структур, стандартизированные системы ведения подрядных торгов и менеджмента качества, а также расчетно-аналитические методы подготовки, организации и управления строительством.

Функциями инжиниринга как научного подхода для решения практических проблем являются [2]:

^{*} Д-р техн. наук, профессор кафедры планирования, финансов и учета НГАСУ (Сибстрин)

Соискатель НГАСУ (Сибстрин)

- Исследование. Использование тематических и общенаучных методов, средств и концепций, экспериментов и логических инструментов для первоначального изучения проблематики, поиска новых принципов и процессов.
- *Разработка*. Применение результатов исследования для практических целей, творческое использование новых знаний для создания новых моделей.
- Проектирование. Детальное проектирование продукции или производственной системы, определение методов и процессов производства и функционирования, определение используемых материалов, выработка решений по форме и структуре продукции или системы, определение технических характеристик и функций, необходимых для решения проблемы, обеспечения соответствия требованиям и удовлетворения потребностей и ожиданий.
- Определение стоимостных и финансовых параметров проекта. Данная функция предполагает разработку бюджетов и смет по проекту, подготовку и проведение конкурсов, а также создание новых финансовых инструментов и операционных схем.
- Строительство. Создание материальной инфраструктуры, необходимой для осуществления запроектированных процессов, в общем случае предполагающее освоение строительной площадки, создание строительной продукции.
- Организация производства. Определение плана размещения производственных процессов, выбор и приобретение необходимого оборудования, определение материалов, сырья, компонентов, необходимых для производства, и источников их поставки, интеграция всех производственных процессов, проведение тестирования, пусконаладочных мероприятий и инспекций, подготовка персонала, организация опытного производства.
- Производство. Контроль за функционированием машин, процессов, фабрик и заводов, организация материального и энергетического обеспечения, организация транспорта и коммуникаций, определение процедур выполнения технологических процессов и их совершенствование, контроль за деятельностью

персонала, развитие умений и способностей персонала по выполнению технологических процессов, управление качеством процессов и продукции.

Функции инжиниринга увязываются в логико-временную последовательность процесса жизненного цикла проекта: материально-техническое обеспечение — строительство — организация производства — производство — исследование — маркетинг — разработка — проектирование — определение параметров проекта.

Практическая инжиниринговая деятельность либо осуществляется в рамках инвестиционно-строительных проектов, либо оформляется в виде инжиниринговых проектов, а проектный менеджмент, таким образом, становится базовой управленческой методологией инжиниринга [3]. Это создает сложности в документальном оформлении проектных материалов и затрудняет процесс управления проектами.

Предлагаемый методический подход предусматривает использование системы моделей инжиниринга и оценок для выбора эффективных инжиниринговых решений проекта. Эти модели определяют содержание управленческого инжиниринга и включают в себя:

- предпроектный инжиниринг предынвестиционные исследования, оформление исходно-разрешительной документации;
- инжиниринг обоснования инвестиций, ТЭО (проектов) строительства, сбор исходных данных и подготовка заданий на проектирование;
- проектный инжиниринг разработка проектной документации, осуществление функций генерального проектировщика, разработка специальных разделов проекта, экспертиза, сопровождение проектов;
- технологический инжиниринг предоставление заказчику строительных и эксплуатационных технологий вместе с лицензиями на их использование, технологическое проектирование, формирование заказных спецификаций на технологическое оборудование;

- стоимостной инжиниринг разработка бюджетов и смет по проекту;
- финансовый инжиниринг разработка новых финансовых инструментов и операционных схем;
- инжиниринг управления проектами разработка организационно-управленческих структур и методов их функционирования;
- информационно-технологический инжиниринг разработка информационного и программно-технического обеспечения инвестиционно-строительного процесса;
- производственный инжиниринг подготовка тендерной документации на поставки, работы и услуги, подготовка производства и организация работ, надзор за изготовлением, поставками, организация контроля качества, услуги по эксплуатации объекта;
- комплексный инжиниринг совокупность инжиниринговых услуг, обеспечивающих возможность реализации проектов под ключ;
- консультационный инжиниринг инжиниринговые услуги любого из перечисленных направлений, оказываемые в форме советов, рекомендаций и подготовки решения для заказчика.

Под инвестиционно-строительным проектом понимается любое ограниченное временными рамками инвестиционное предприятие, направленное на создание нового уникального объекта недвижимости, наличие и использование которого необходимо для достижения целей инвестирования.

Инвестиционно-строительный процесс — последовательная совокупность этапов достижения целей инвестирования путем реализации инвестиционных проектов в области создания и/или изменения объектов недвижимости.

Задача интеграции моделей инжиниринга предусматривает решение нескольких основных задач:

- разработки организационной модели на основе матрично-сетевой модели, в которой происходит увязывание матрицы «функция результат» в пространстве жизненных циклов проекта и времени;
- разработки функциональных моделей специализированных инжиниринговых решений, в которых формируются матрицы «локальная функция локальный результат»;
- разработки организационной структуры управления функциональными инжинирингами, в которой формируются матрицы «функции исполнители»;
- разработки единой информационной базы инжинирингового пространства, в которой формируется единая нормативная, процессная и проектная информация;
- разработки автоматизированных технологий инжиниринговых процессов, основанных на использовании существующих и разрабатываемых информационных технологий.

Система интегрированной оценки эффективности управленческого инжиниринга строительным проектом определяется объектом (потоками ресурсов в блоках инжиниринга, функциональными инжинирингами в интегрированной системе) и субъектами (механизмом управления объектом). Механизм управления включает аналитические модели для связывания в пространстве структуры и времени параметров проекта в единую потоковую структуру, сбалансированную по ресурсам, с учетом оценок надежности их реализации.

Сбалансированность обеспечивается благодаря использованию балансовых методов, с помощью которых достигается достаточность материальных, производственных и трудовых ресурсов для решения проектных задач.

Оптимальность решений осуществляется на основе использования методов многокритериальной оптимизации организационно-технологических и финансово-экономических решений, с помощью которых формируется направленный поток действий по учету и повышению надежности результатов проекта.

Эффективность управления достигается за счет направленного использования методов прямого и обратного инжиниринга совместно с мероприятиями по повышению организационной надежности и технологичности процессов, ресурсоемкости и финансовой устойчивости деятельности.

Список литературы

- 1. *Караваев Е. П.* Промышленные инвестиционные проекты: теория и практика инжиниринга / Е. П. Караваев. М.: МИСИС, 2001. 243 с.
- 2. *Инвестиционно-строительный* инжиниринг : учеб. пособие / А. Ю. Забродин [и др.]. М. : Елима : Экономика, 2009. 763 с.
- 3. *Макарьева В. И.* Анализ финансово-хозяйственной деятельности организации / В. И. Макарьева, Л. В. Андреева. М. : Финансы и статистика, 2004. 287 с.

КАМЕННО-НАБРОСНЫЕ ПЛОТИНЫ НА СЕВЕРЕ С ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ИЗ БЕНТОНИТОВЫХ МАТОВ

А.В. Прямицкий*

Рассматриваются вопросы, связанные с возведением каменно-набросных плотин в северной природно-климатической зоне. Предлагается использование бентонитовых матов в качестве элементов противофильтрационных устройств грунтовых плотин. Отмечается возможность сокращения сроков строительства и ремонта сооружений и, как следствие, получения экономической выгоды при использовании указанных материалов.

Природно-климатические и инженерно-геологические особенности большинства строительных площадок напорных гидроузлов на Севере предопределяют сооружение каменно-земляных плотин. Эти плотины в сравнении с другими типами грунтовых водоподпорных сооружений имеют известные преимущества: относительно меньшие объемы работ, меньшую длину водосбросов, возможность круглогодичного возведения и др. Вместе с тем северные регионы, как правило, очень бедны талыми глинистыми грунтами, пригодными для укладки в противофильтрационные устройства (ПФУ) таких плотин. Доведение до необходимой кондиции мерзлых грунтов (тоже далеко не всегда имеющихся на месте) связано с большими затратами времени и энергии, приводящими к увеличению сроков и стоимости строительства подобных сооружений.

Одним из перспективных путей решения этой проблемы является использование в качестве ПФУ разного рода геосинтетических материалов, не теряющих своих противофильтрационных свойств при длительной эксплуатации в условиях сурового климата

Бентонитовые маты представляют собой высокотехнологичный композитный геосинтетический материал, состоящий из

^{*} Аспирант ОАО «ВНИИГ им Б.Е. Веденеева» (Санкт-Петербург)

слоя бентонитовой глины, заключенной между слоями геотекстиля. Слои получаемого материала скрепляются между собой различными способами. Порошковый бентонит изготавливается из природного глинистого минерала, имеющего способность к увеличению объема в 14–16 раз при гидратации. Если ограничить пространство для свободного разбухания, из бентонитового порошка образуется плотный гель, который препятствует дальнейшему проникновению влаги (фильтрации).

По методам скрепления слоев бентонитовые маты подразделяются на иглопробивные, сшиваемые, склеиваемые и наносимые на мембрану. Как правило, бентонитовые маты изготавливаются на конвейере в условиях высокотехнологичного производства, позволяющего получить сплошное полотно с размерами около 5×50 м, толщиной до 1 см. На выходе с конвейера бентонитовые маты скатываются в рулоны диаметром 0.5 м и весом до 1 т. Гидроизолированные и защищенные от механических повреждений рулоны поставляются на строительную площадку любыми видами грузового транспорта. Важной особенностью использования бентонитовых матов в качестве размещенных или внедренных в тело плотины ПФУ является отсутствие их механического скрепления друг с другом. Требуемую герметичность стыков обеспечивает перехлест смежных полотнищ матов между собой в продольном или поперечном направлении на 30 см (линия необходимого перехлеста промаркирована на каждом рулоне).

Бентонитовые маты являются многослойными материалами, поэтому их основные свойства зависят от свойств составляющих слоев. Натриевый бентонит обеспечивает водонепроницаемость — наиболее важный показатель ПФУ. Для большинства выпускаемых бентонитовых матов коэффициент фильтрации составляет $\approx 1\cdot 10^{-11}$ м/с. При этом, по данным испытаний, бентонитовые маты на гравийном основании способны выдерживать давление до 90 м водяного столба [2]. Различные виды используемых геотекстилей обусловливают механические характеристики бентонитовых матов, которые способны воспринимать растягивающие усилия до 20 кН/м при относительном

удлинении до разрыва около 10%. Важно отметить, что коэффициент трения слоев геотекстиля по увлажненному бентонитовому порошку зависит от метода скрепления.

В случае небольших нарушений сплошности бентонитовых

В случае небольших нарушений сплошности бентонитовых матов в них при повторном увлажнении происходит самозалечивание, при котором полностью восстанавливается проектная водонепроницаемость материала.

В каменно-набросных плотинах в условиях Крайнего Севера бентонитовые маты могут использоваться в качестве экранов или диафрагм. Преимущества и недостатки таких конструктивных решений нуждаются в дальнейшем изучении. Однако уже сейчас можно сделать вывод о преимуществах укладки рулонных материалов в сравнении с отсыпкой естественных глинистых грунтов. Эксплуатационные характеристики бентонитовых матов позволяют считать их равноценной заменой грунтовым ПФУ. Вместе с тем способы доставки и монтажа рулонов бентонитовых матов существенно сокращают сроки работ по возведению плотин.

Еще одной перспективной областью применения бентонитовых матов является ремонт грунтовых гидротехнических сооружений, в частности, при устройстве быстровозводимых понуров. При этом нет необходимости в сработке уровня верхнего бьефа, поскольку в данном случае используются специальные утяжеленные маты. Рулоны таких матов беспрепятственно могут укладываться под водой. Все операции по монтажу могут выполняться при помощи автомобильного крана с гребня плотины. Уложенный материал необходимо лишь защитить от внешних воздействий при помощи каменной наброски поверх материала без дополнительных промежуточных слоев.

Первый европейский опыт практического применения бентонитовых матов относится к 1988 году, когда они были использованы в качестве гидроизоляции при строительстве прудовнакопителей. Эффективность работы материала на данных объектах была подтверждена положительными результатами изысканий, проведенных через 16 лет эксплуатации.

В последние 20 лет бентонитовые маты активно применяются в европейских странах и странах Северной Америки при строительстве полигонов различных отходов. При этом были разработаны соответствующие нормативные документы, регламентирующие использование данного материала в качестве ПФУ и/или в сочетании с другими искусственными нефильтрующими материалами.

Бентонитовые маты используются также при строительстве судоходных или водохозяйственных каналов в качестве основного гидроизолирующего материала оснований и ограждающих дамб.

Известен опыт применения бентонитовых матов в качестве $\Pi \Phi Y$ в плотинах. В Европе и в Канаде уже построены три каменно-набросные плотины.

В промышленном и гражданском строительстве бентонитовые маты используются в качестве гидроизоляционного материала при строительстве фундаментов сложной формы, взлетно-посадочных полос, дренажных канав вдоль дорог и в других областях.

Проведение указанных выше работ с применением бентонитовых матов тщательно контролировалось и сопровождалось научными исследованиями, которые показали, что эти материалы справляются с поставленными задачами.

В России опыт их применения невелик и в основном относится к промышленному и гражданскому строительству.

Исследования применимости бентонитовых матов для невысоких грунтовых плотин на Севере выполняются в настоящее время во ВНИИГ им Б.Е. Веденеева. Использование данных материалов может существенно сократить сроки возведения или ремонта сооружений и способствовать получению существенной экономической выгоды. Для доказательства надежности и долговечности материала во ВНИИГ запланировано проведение ряда экспериментов и лабораторных опытов, в том числе и на действующих гидротехнических сооружениях России.

Кроме того, в настоящее время важно наладить процесс гармонизации европейских норм и требований по использова-

нию бентонитовых матов и других геосинтетиков, разработать аналогичные российские нормативы, поскольку основной проблемой применения бентонитовых матов в России является именно отсутствие нормативной базы и регламентирующих документов в этой сфере.

Выводы

- 1. Бентонитовые маты являются качественной и высокотехнологичной альтернативой классическим грунтовым противофильтрационным элементам, позволяющей существенно сэкономить на трудозатратах и времени.
- 2. Они могут использоваться как единственный гидроизоляционный элемент и в составе с другими геосинтетическими материалами.
- 3. Для дальнейшего успешного внедрения в практику необходимо выполнить ряд научных исследований по их использованию в суровых климатических условиях.

Список литературы

- Прямицкий А. Европейский опыт использования геосинтетических материалов в строительстве хранилищ отходов / А. Прямицкий, Ю. Шлее // Гидротехника XXI век. 2010. № 1.
- 2. *Kerry Rowe R*. Effect of GCL and subgrade type on internal erosion in GCLs under high gradients / R. Kerry Rowe, C. Orsini // Geotextiles and Geomembranes. 2003. № 21.

ТОЧНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 550.834:551.24

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ОБРАБОТКИ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Е.Ю. Гошко^{*}, С.М. Зеркаль^{**}, Ю.С. Шевченко^{***}

Предложена компьютерная технология вычисления локальных частот сейсмических волн, позволяющая диагностировать механические свойства грунтов при малоглубинном просвечивании. В ее основе лежит алгоритм определения динамической формы локального сейсмического отклика геологической среды на импульсное ударное воздействие с последующим разложением на частотные гармоники. Приведены результаты обработки реального инженерно-сейсмического разреза, подтвердившие возможность частотной диагностики крепких и рыхлых пород.

Теоретико-экспериментальное введение

Основными динамическими параметрами в инженерной сейсморазведке являются амплитуда и частотный состав сейсмических волн. Ударный импульс $J=m\cdot u$, где m — масса бойка, u — скорость удара, определяет амплитуду и частоту возбуждаемых в грунте колебаний. После прохождения некоторого пути в геологической среде импульс, отражаясь от ее неоднородностей, регистрируется на дневной поверхности. При этом значения его амплитуды и частоты трансформируются под воздействием многих факторов.

Частотный состав сейсмического импульса является его определяющей характеристикой. В настоящее время единой точки зрения на возможное изменение частотного состава сейсмического импульса под воздействием среды не выработано. Согласно волновой теории, если сейсмическая волна прошла по погло-

^{*} Канд. техн. наук, доцент кафедры высшей математики НГАСУ (Сибстрин)

^{**} Д-р техн. наук, профессор кафедры прикладной математики НГАСУ (Сибстрин)

^{*} Аспирант НГАСУ (Сибстрин)

щающей среде, то все, что поглощено средой, уже невосстановимо. Согласно классической теории в среде происходит частотное преобразование сейсмических волн в зависимости от массы тел, участвующей в ударе. И такое преобразование обратимо.

Палагиным и др. [1] были проведены экспериментальные исследования преобразования частот колебаний при распространении их в различных сочетаниях алюминия, дерева и резины, отличающихся плотностью ρ , скоростью распространения

волн
$$c$$
 и коэффициентом восстановления $k = \frac{u_2^{'} - u_1^{'}}{u_1}$, где u_1 –

скорость первого тела до удара, u_1 и u_2 — скорости первого и второго тела после удара. Во всех случаях испытаний частота колебаний изменялась так, как это следует из классической теории: чем выше значение акустической жесткости $\rho \cdot c$ и k, тем выше частота наблюдаемой волны. При переходе стыков стержней, в зависимости от сочетаний материалов, волна с высокой частотой преобразовывалась в волну с низкой частотой и наоборот. В непосредственной близости от пункта возбуждения длина волны пропорциональна корню третьей степени от возбуждаю-

щей массы
$$m_0$$
: $\lambda=2\cdot\sqrt[3]{\frac{3m_0}{2\pi\rho k}}$, а частота возбуждаемых колеба-

ний равна
$$f = \frac{c}{2} \sqrt[3]{\frac{2\pi\rho k}{3m_0}} = \frac{c}{1.56} \sqrt[3]{\frac{\rho k}{m_0}}$$
. С удалением от пункта

удара зависимость частоты волн от массы бойка постепенно исчезает и остается только зависимость от расстояния и k. Из приведенной формулы для частоты f следует, что в рыхлых породах с малой акустической жесткостью $\rho \cdot c$ и малым коэффициентом восстановления k возбуждаются более низкочастотные волны, которые быстрее гаснут.

1. Постановка задачи и априорные данные

Опираясь на качественное подтверждение теоретических выводов классической теории удара, полученное в модельных

экспериментах, существует возможность проверить эффекты преобразования частот в реальной геологической среде.

Свойства грунтов вдоль участка строящейся автомобильной дороги изучены с помощью анализа керна из четырех пробуренных скважин глубиной 7–10 м. По этим данным составлена предварительная модель строения верхней части разреза (рис. 1), предполагающая выступ относительно плотных пород (номенклатурный код 14а) высотой 4–5 м в районе скважины с-3. Левее выступа (скважины с-1 и с-2) и правее него (скважина с-4) обнаружен насыпной и рыхлый осадочный грунт (номенклатурные коды 46^н, 4а, 46).

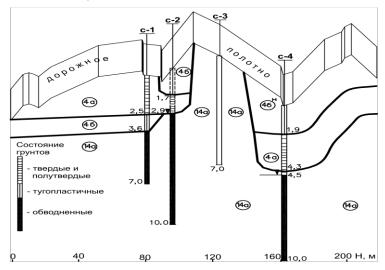


Рис. 1. Геологическая модель строения грунтов вдоль линии инженерно-сейсмических исследований:

с-1 – номер скважины, 2.5 – отметка глубины (м) пласта или пробуренной скважины, ▼4.5 – уровень грунтовых вод; наименование грунтов: 46^н – насыпной грунт – глина тугопластичная с включением щебня аргиллитов до 5% с погребенным почвенным слоем мощностью 0.1 м; 4а – глина полутвердая с включением дресвы, щебня аргиллита низкой прочности до 10%; 46 – глина тугопластичная с включением дресвы, щебня аргиллита низкой прочности до 15% и прослоями суглинка полутвердого; 14а – аргиллиты (90%) сильновыветрелые, раздробленные, с прослоями песчаников (10%)

Сейсмическим материалом для исследования послужил разрез отраженных волн протяженностью 120 м и глубиной 200 м, полученный при проведении инженерно-сейсмических работ вдоль строящейся автомобильной дороги. Колебания возбуждались ударом стальной кувалды весом 5 кг по стальной пластине весом 50 кг. Расстояние между пунктами возбуждения 5 м, между приемниками 2.5 м. Частотный диапазон отраженных волн в сейсмическом разрезе составил 40–120 Гц.

2. Компьютерная технология амплитудно-частотной обработки

В качестве объекта для изучения эффекта преобразования частот сейсмических волн в геологической среде использовался «локальный волновой пакет», формирующийся в результате интерференции всех отраженных волн в пределах локального участка геологической среды. Разработанный алгоритм [2] вычисления локальной формы волнового пакета действует в пределах некоторого участка D со средним размером L и текущей позицией центра $(x,\ t)$ на сейсмическом разрезе. Признаком для выделения на сейсмической трассе отдельного волнового пакета является наличие глобального максимума амплитуды (максимума второго порядка). Последующее синфазное суммирование всех пакетов отраженных волн, выделенных в пределах области D, является регуляризирующей процедурой, повышающей устойчивость динамических характеристик сейсмического отклика от локального геологического объекта соответствующего размера. Вычисление локальной формы волнового пакета в режиме «бегущего окна» на сейсмическом разрезе позволяет получить матрицу локальных волновых пакетов, позиционированную в координатах (x, t), и далее получить куб амплитудно-частотных спектров в координатах (f, x, t). Эта технология была реализована в оригинальном специализированном вычислительном комплексе StreamSDS. Для удобства анализа эффектов трансформации частот предусмотрено формирование, визуализация и цветная печать сечений спектрального куба по любой из его координат.

3. Результаты обработки

Для определения локальной формы волновых пакетов было выбрано окно размером 2.5×2.5 м, скользящее по сейсмическому разрезу. Основная частота волн варьировалась в диапазоне 58–90 Гц, который был разбит на три интервала: низкий (58–72 Гц), средний (72–78 Гц) и высокий (78–90 Гц). Анализ распределения частот позволил заметить приуроченность низких и средних частот к верхнему слою грунта до глубины 10 м. Ниже этого слоя основная частота волн была высокой, что соответствовало распространению волн в более плотных аргиллитах **14a**, вскрытых бурением.

Для более тонкого анализа свойств верхней части разреза, актуальных при строительстве дороги, была вычислена суммарная энергия волн в среднем диапазоне частот 72–78 Гц (рис. 2).

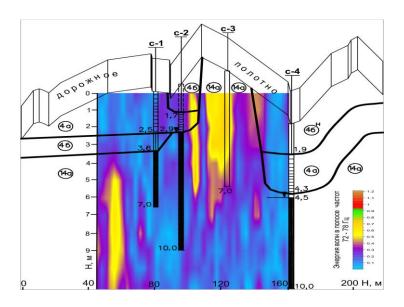


Рис. 2. Сопоставление априорной геологической модели и результатов расчета энергии волн в диапазоне частот 72–78 Гц

Эта характеристика позволила подтвердить и уточнить строение выступа плотных пород в средней части разреза по резкому увеличению энергии волн средних частот.

Выволы

Применение технологии амплитудно-частотной диагностики к реальным инженерно-сейсмическим данным позволило обнаружить эффекты преобразования основных несущих частот волн под воздействием свойств геологических сред.

Список литературы

- 1. *Палагин В. В.* Сейсморазведка малых глубин / В. В. Палагин, А. Я. Попов, П. И. Дик. М. : Недра, 1989. 209 с.
- 2. *Пат.* 23234205 Российская Федерация. Способ обработки сейсмических данных / Е. Ю. Гошко [и др.]. 10.05.08.

УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕЧЕНИЙ ЖИДКОСТИ В ЗАЗОРЕ МЕЖДУ СООСНЫМИ ЦИЛИНДРАМИ

Е.Г. Борд*, **В.Я. Рудяк****

Статья посвящена решению задачи устойчивости спирального течения жидкости в концентрическом зазоре. Полученные расчетные данные хорошо согласуются с известными экспериментальными.

Введение

Исследование гидродинамической устойчивости течений и ламинарно-турбулентного перехода является чрезвычайно важной и актуальной задачей механики жидкости и газа и имеет широкое практическое применение. В настоящее время достаточно полно изучена устойчивость ряда модельных течений: в пограничном слое, Пуазейля, Куэтта, в следе за пластиной и телом и некоторые другие. Вместе с тем до сих пор отсутствует систематическое исследование гидродинамической устойчивости течения в цилиндрическом канале, несмотря на то, что изучение устойчивости таких течений активно ведется уже около 50 лет. Одной из первых теоретических работ, посвященных изучению устойчивости напорного течения в зазоре между концентрическими цилиндрами, является статья [1]. Было установлено существование монотонной зависимости параметров устойчивости при изменении отношения радиусов цилиндров от единицы (этот предел соответствует течению между параллельными плоскостями) до нуля (в этом пределе получается задача устойчивости для течения Хагена – Пуазейля в круглой трубе). При этом критическое число Рейнольдса меняется от 5778 до

_

^{*} Канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры теоретической механики НГАСУ (Сибстрин), научный сотрудник НТЦ БЭЙКЕР ХЬЮЗ (Новосибирск)

Д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой кафедры теоретической механики НГАСУ (Сибстрин), замдиректора НТЦ БЭЙКЕР ХЬЮЗ (Новосибирск)

бесконечности. Тем не менее авторам [1] не удалось построить кривые нейтральной устойчивости.

Задача устойчивости спиральных возмущений по энергетическому критерию сформулирована в [2]. Такой подход, однако, не позволяет исследовать влияние частоты возмущений на их длины волн в зависимости от числа Рейнольдса. Тем не менее можно сказать, что именно в этой работе была получена первая нижняя оценка области устойчивости данного течения и установлено принципиальное значение влияния азимутальных возмущений. Это, в частности, указывает на то, что вращение внутреннего цилиндра будет существенно менять характеристики устойчивости. На это же указывает и изучение устойчивости цилиндрического течения Куэтта. Устойчивость этого течения исчерпывающе изучена и экспериментально, и теоретически. Историю решения этой задачи и обзор полученых здесь результатов можно найти в [3, 4]. Для данного течения получены критические значения азимутального числа Рейнольдса и аксиального волнового числа для течений в зазорах различной ширины. Показано, что течение становится неустойчивым при достаточно малых числах Рейнольдса.

Следующий важный шаг был сделан в серии работ [5, 6]. В [5] рассчитаны характеристики устойчивости напорного течения и установлено, что моды возмущений течения с азимутальными волновыми числами n=0,1,2 неустойчивы. В статье [6] численно изучалась устойчивость уже спирального течения. Рассматривались возмущения с азимутальным волновым числом n=0. Для этой моды возмущений получены кривые нейтральной устойчивости. Их сопоставление с экспериментальными данными, однако, оказалось не вполне удовлетворительным. Кроме того, здесь не были получены значения критических чисел Рейнольдса, соответствующие им осевые и азимутальные волновые числа, форма кривых нейтральной устойчивости. Основная причина отсутствия согласования с экспериментальными данными, по-видимому, состояла в низкой точности расчетов. Позднее это отмечалось и в работе [7], где для течений в зазорах с отношением радиусов $\theta=0.95$, $\theta=0.77$ впервые построены

достаточно надежные кривые нейтральной устойчивости для спирального течения. Здесь $\theta = R_i/R_o$, R_o , R_i — соответственно радиусы внешнего и внутреннего цилиндров. Для течения в зазоре с $\theta = 0.77$ в [7] была впервые установлена неустойчивость различных азимутальных мод возмущений, при этом азимутальное волновое число критических возмущений достигало значения n = 21.

Экспериментальному исследованию устойчивости спирального течения Пуазейля в зазоре с отношением радиусов внутреннего цилиндра к внешнему $\theta = 0.5$ посвящена работа [8]. Для осевых чисел Рейнольдса в диапазоне $\mathrm{Re}_z \approx 1 \div 150$ были найдены критические значения азимутального числа Рейнольдса и критические волновые числа. Установлено, что неустойчивыми могут быть различные азимутальные моды, в том числе возмущения с азимутальным волновым числом, равным нулю. Критические азимутальные числа Рейнольдса при этом не превышали $\mathrm{Re}_{\varphi} < 200$.

Самым большим достижением последних лет явились работы [9, 10]. В первой из них данная задача решалась численно и полученные данные неплохо согласовывались с данными [8], хотя рассчитанные критические числа Рейнольдса существенно отличаются от экспериментальных. В работе [10] изучена устойчивость течения в широких (θ = 0.1) зазорах. Утверждается, что напорное течение в зазоре без вращения внутреннего цилиндра остается устойчивым при θ < 0.115. Получены кривые нейтральной устойчивости в плоскости (Re_{φ} , α) при азимутальном числе Рейнольдса Re_{z} = 100.

Таким образом, данный краткий обзор показывает, что несмотря на большой интерес к решению задачи устойчивости для спирального течения в концентрическом канале, здесь все еще отсутствуют систематические данные относительно характеристик их устойчивости. Получение таких данных и является целью данной работы. Задача решалась численно в рамках линейной теории гидродинамической устойчивости.

1. Напорное течение. Осесимметричные возмущения

Рассмотрим сначала устойчивость напорного течения между соосными неподвижными цилиндрами. Азимутальная скорость полагается равной нулю как в стационарном течении, так и в возмущениях. Предполагается также, что скорость и давление не зависят от угловой переменной φ . Данное течение описывается следующими уравнениями:

$$U_R + U/R + W_Z = 0; (1)$$

$$U_t + UU_R + WU_Z = -P_R + \nu \left(\Delta U - \frac{U}{R^2} \right); \tag{2}$$

$$W_t + UW_R + WW_Z = -P_Z + \nu \Delta W; \tag{3}$$

здесь $\Delta = \partial_r^2 + r^{-1}\partial_r + \partial_z^2$, U,W — радиальная и осевая компоненты скорости, P — давление, ν — кинематическая вязкость. На внешней и внутренней границах канала выполняются условия прилипания. Уравнению неразрывности (1) удовлетворяет бездивергентное поле скорости, задаваемое функцией тока

$$U = -\Psi_r$$
; $W = \Psi_r + \Psi/r$;

здесь r=R/d — безразмерный радиус, z=Z/d — безразмерная осевая координата, $d=(R_o-R_i)/2$. Напорное течение описывается точным решением системы уравнений (1)-(3), которому соответствует функция тока $\Psi=\Psi_0(r)$ и профиль скорости [1]:

$$\frac{W(\eta)}{W_{\max}} \equiv W_0(\eta) = \frac{1 - \eta^2 + \eta_m^2 \ln \eta}{1 - \eta_m^2 + \eta_m^2 \ln \eta_m}, \quad \eta = \frac{\theta - 1}{2} r, \quad \eta_m^2 = \frac{\theta^2 - 1}{2 \ln \theta}.$$

Подставляя в уравнения (1)-(3) функцию тока возмущенного течения $\Psi=\Psi_0(r)+\varepsilon\psi(r)\exp[i(\alpha z-\omega t)]$ и исключая давление, приходим к уравнению для комплексной амплитуды возмущений:

$$(L - \alpha^2 + i \operatorname{Re}_z(\omega - \alpha W_0))(L - \alpha^2)\psi + i\alpha \operatorname{Re}_z(W_0'' - \frac{W_0'}{r})\psi = 0; \quad (4)$$

$$L = \partial_r^2 + r^{-1}\partial_r - r^{-2}.$$

Здесь α — осевое волновое число, ω — комплексная частота, $\operatorname{Re}_z = dW_{\max}/\nu$ — осевое число Рейнольдса. Уравнение (4) с граничными условиями отсутствия возмущений на границах образует спектральную задачу относительно ω . Множество значений параметров $(\operatorname{Re}_z, \alpha)$ таких, что $\operatorname{Im}(\omega) = 0$, образует кривую нейтральной устойчивости в плоскости $(\operatorname{Re}_z, \alpha)$.

На рис. 1 представлены кривые нейтральной устойчивости осесимметричных возмущений, полученные для течений с различными отношениями радиусов. В табл. 1 приведены значения критических чисел Рейнольдса Re_c , определенные по этим кривым. Наиболее неустойчивыми являются течения в узком зазоре, причем критическое число Рейнольдса для течения с $\theta = 0.95$ близко к критическому числу Рейнольдса плоского течения Пуазейля. В диапазоне значений $\theta > 0.5$ кривые нейтральной устойчивости остаются подобными кривым нейтральной устойчивости плоского течения Пуазейля (при $\theta = 0.95$ кривые, построенные для течения в зазоре и для плоского течения, графически неразличимы).

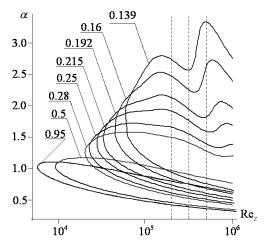


Рис. 1. Кривые нейтральной устойчивости осевых возмущений напорного течения

Таблица 1 Критические числа Рейнольдса для течений с различным отношением радиусов

θ	0.95	0.5	0.28	0.192	0.139
Re_c	5836	9360	20363	32980	59538

С увеличением ширины зазора (θ <0.3) значение критического числа Рейнольдса увеличивается более чем в 10 раз, при этом изменяется и форма кривых нейтральной устойчивости. Диапазон неустойчивости по волновым числам в течениях расширяется.

2. Напорное течение. Неосесимметричные возмущения

В предыдущем разделе рассмотрена устойчивость напорного течения под действием осесимметричных возмущений. Вместе с тем в таких течениях в общем случае могут генерироваться и неосесимметричные возмущения. К этому приводит, например, наличие сколь угодно малой несимметрии, в частности эксцентриситета. На рис. 2 представлены кривые нейтральной устойчивости, полученные для возмущений течений с θ = 0.95, 0.8, 0.77, для двух значений азимутального волнового числа n (табл. 2). Критические числа Рейнольдса, полученные по этим кривым, приведены в табл. 2 и соответствуют данным, опубликованным в работе [10].

Анализ полученных данных показывает, что при отношении радиусов $\theta = 0.77$ наиболее неустойчивыми становятся возмущения, соответствующие азимутальному волновому числу, отличному от нуля. Это указывает на то, что при дальнейшем увеличении ширины зазора влияние азимутальных мод возмущений должно усиливаться. Расчеты показали, что это действительно так.

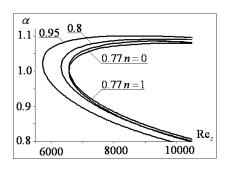


Рис. 2. Кривые нейтральной устойчивости различных азимутальных мод возмущений в напорном течении

Таблица 2 Критические числа Рейнольдса на рис. 2

θ	0.95	0.8	0.77	0.77
n	0	0	0	1
Re_c	5843	6454	6710	6706

На рис. 3 приведены кривые нейтральной устойчивости, построенные для течений в широких зазорах. Здесь кривая 1 соответствует $\theta = 0.6$, 2 - 0.5, 3 - 0.4, 4 - 0.3, 5 - 0.2. Критические числа Рейнольдса, азимутальные волновые числа и обозначения кривых даны в табл. 3.

Данные расчетов, представленные на рис. 3 и в табл. 3, показывают, что азимутальные возмущения приводят к существенному уменьшению критических чисел Рейнольдса течения по сравнению с критическими числами, полученными для осесимметричных возмущений (см. табл. 1). Возбуждение азимутальных мод соответствует появлению азимутальной составляющей скорости возмущений.

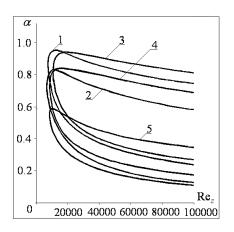


Рис. 3. Кривые нейтральной устойчивости различных азимутальных мод возмущений в напорном течении

Таблица 3 Критические числа Рейнольдса и азимутальные числа на кривых нейтральной устойчивости на рис. 3

Кривая на рис. 3	1	2	3	4	5
θ	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
n	2	2	1	1	1
Re_{c}	7633	7711	10792	8609	8542

3. Спиральное течение

Спиральное течение возникает в результате суперпозиции напорного течения и цилиндрического течения Куэтта, вызванного вращением внутреннего цилиндра. Ясно поэтому, что характеристики устойчивости данного течения будут существенно зависеть от соотношения осевого Re_z и азимутального $\operatorname{Re}_\varphi$ чисел Рейнольдса. Поэтому можно ожидать, что в различных диа-

пазонах значений осевого и азимутального чисел Рейнольдса будут проявляться различные типы неустойчивости.

Учет азимутальной компоненты скорости приводит к системе уравнений, отличной от уравнений (1) - (3):

$$U_r + U/r + V_{\omega}/r + W_z = 0;$$
 (5)

$$U_{t} + UU_{r} + \frac{V}{r}U_{\varphi} + WU_{z} - \frac{V^{2}}{r} = -P_{r} + v\left(\Delta U - \frac{2}{r^{2}}V_{\varphi} - \frac{U}{r^{2}}\right); \quad (6)$$

$$V_{t} + UV_{r} + \frac{V}{r}V_{\varphi} + WV_{z} + \frac{UV}{r} = -\frac{1}{r}P_{\varphi} + \nu \left(\Delta V + \frac{2}{r^{2}}U_{\varphi} - \frac{V}{r^{2}}\right); \quad (7)$$

$$W_t + UW_r + \frac{V}{r}W_{\varphi} + WW_z = -P_z + \nu \Delta W; \tag{8}$$

$$\Delta = \partial_r^2 + r^{-1}\partial_r + r^{-2}\partial_{\varphi}^2 + \partial_z^2.$$

Возмущенное решение теперь содержит все три компоненты скорости, поэтому уравнения устойчивости принимают вид:

$$\mathbf{u}_r + \mathbf{u}/r + i n \mathbf{v}/r + i \alpha \mathbf{w} = 0; \tag{9}$$

$$(i\widetilde{W} - \widetilde{L})\mathbf{u} - 2\operatorname{Re}_{\varphi}V_0\mathbf{v}/r + (\mathbf{u} + 2in\mathbf{v})/r^2 = -\frac{\partial p'}{\partial r}; \qquad (10)$$

$$\left(i\widetilde{W} - \widetilde{L}\right) v + \operatorname{Re}_{\varphi}\left(V_0' + V_0/r\right) u + \left(v - 2in \,\mathrm{u}\right)/r^2 = -in \,p'/r; \quad (11)$$

$$(i\widetilde{W} - \widetilde{L})$$
w + Re_z W'_0 u = $-i\alpha p'$; (12)

здесь $\widetilde{W}=-\omega+\alpha\operatorname{Re}_zW_0+n\operatorname{Re}_\varphi V_0/r$; $\widetilde{L}=\partial_r^2+r^{-1}\partial_r-n^2r^{-2}-\alpha^2$; $V_0(r)$ — профиль скорости течения Куэтта; $\operatorname{Re}_\varphi=dV_{0\max}/\nu$ — азимутальное число Рейнольдса.

На рис. 4 и в табл. 4 приведены результаты расчетов и критические числа Рейнольдса, полученные для течения в зазоре с $\theta = 0.5$. Здесь кривые 1-6 соответствуют и разным модам, и разным азимутальным числам Рейнольдса, расшифровка которых дана в табл. 4. Метками на рисунке показаны критические числа Рейнольдса, полученные в экспериментах [8].

Вид кривых нейтральной устойчивости позволяет сделать вывод о том, что в данном диапазоне осевых чисел Рейнольдса

происходит изменение типа неустойчивости. Неустойчивости типа Толлмина — Шлихтинга соответствует кривая 1, отличие от неустойчивости типа Толлмина — Шлихтинга в плоских течениях определяется номером неустойчивой азимутальной моды (n=5).

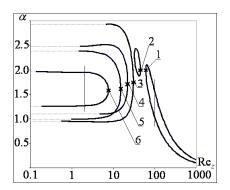


Рис. 4. Кривые нейтральной устойчивости спирального течения

Таблица 4 Критические осевые числа Рейнольдса для спирального течения

Кривая на рис. 5	Re_{zcr}	Re_{φ}	n
1	60.0	51.0	5
2	44.95	52.0	3
3	30.15	48.50	1
4	21.91	43.0	1
5	15.07	38.92	0
6	7.52	35.3	0

Кривые 3 – 6 демонстрируют тенденцию к неустойчивости течения при малых осевых числах Рейнольдса и стабилизацию течения с увеличением осевого числа Рейнольдса. Вид этих кривых позволяет сделать вывод о возникновении неустойчивости,

характерной для цилиндрического течения Куэтта. При этом наиболее неустойчивыми оказываются различные азимутальные моды возмущений. Кривые 3, 4 получены для первой азимутальной моды, кривые 5, 6 – для осесимметричных возмущений. Кривая 2 может рассматриваться как переходная между двумя различными типами неустойчивости.

На рис. 5 и 6 представлены зависимости инкремента нарастания возмущений от волнового числа, полученные при фиксированных осевых числах Рейнольдса. Зависимости, представленные на рис. 6, соответствуют вертикальному сечению области неустойчивости, ограниченной кривой 1 на рис. 4. Видно, что моды, соответствующие азимутальным волновым числам n < 5, являются затухающими, причем поведение кривых оказывается близким к монотонному по волновому числу в диапазоне $1 \le n \le 5$. Зависимости коэффициентов усиления, показанные на рис. 6, соответствуют вертикальному сечению области неустойчивости 6 на рис. 4. Значение азимутального числа Рейнольдса, при котором получена эта кривая, близко к критическому, причем с уменьшением азимутального числа Рейнольдса течение стабилизируется.

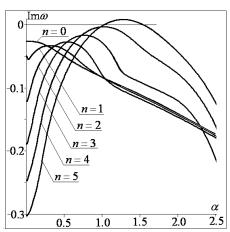


Рис. 5. Зависимости коэффициента усиления возмущений от волнового числа. Re $_z$ =100, ${\rm \,Re}_\varphi$ =51

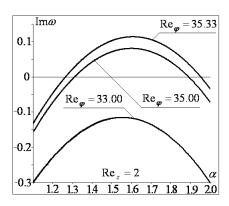


Рис. 6. Зависимости коэффициента усиления возмущений от волнового числа $Re_z = 2$

Таким образом, можно констатировать, что устойчивость спирального течения при отношении радиусов θ = 0.5 достаточно полно исследована. Установлено соответствие результатов расчетов с экспериментальными данными [10]. Показано, что в зависимости от чисел Рейнольдса наиболее неустойчивыми могут быть различные азимутальные моды. Обнаружено изменение типа неустойчивости спирального течения Пуазейля в зависимости от величин азимутального и осевого чисел Рейнольдса. Вместе с тем следует подчеркнуть, что характер неустойчивости данного течения может существенно меняться с изменением параметра θ . И это требует дополнительных систематических исследований.

Список литературы

- 1. *Mott J. E.* Stability of parallel flow between concentric cylinders / J. E. Mott, D. D. Joseph // The Physics of Fluids. 1968. V. 11, № 10. P. 2065–2073.
- 2. *Joseph D. D.* Global stability of spiral flow / D. D. Joseph, B. R. Munson // Journal of Fluid Mechanics. 1970. V. 43, pt. 3. P. 545–575.

- 3. *Cole J. A.* Taylor-vortex instability and annulus-length effects / J. A. Cole // Journal of Fluid Mechanics. 1976. V. 75. P. 1–15.
- 4. *DiPrima R. C.* The effect of radius ratio on the stability of Couette flow and Taylor vortex flow / R. C. DiPrima, P. M. Eagles, B. S. Ng // Physics of Fluids. 1984. V. 27, № 10. P. 2403–2411.
- Гольдштик М. А. Устойчивость течения в кольцевом канале / М. А. Гольдштик, В. А. Сапожников // Изв. АН СССР. Сер. МЖГ. – 1971. – № 4. – С. 102–108.
- 6. *Вильгельми Т. А.* Устойчивость спирального течения в кольцевом канале / Т. А. Вильгельми, В. Н. Штерн // Изв. АН СССР. Сер. МЖГ. 1974. № 3. С. 35–44.
- 7. *Ng B. S.* On the linear stability of spiral flow between rotating cylinders / B. S. Ng, E. R. Turner // Proceedings of Royal Society of London. 1982. A382. P. 83–102.
- 8. *Takeuchi D. I.* A numerical and experimental investigation of the stability of spiral Poiseuille flow / D. I. Takeuchi, D. F. Jankowski // Journal of Fluid Mechanics. 1981. V. 102. P. 101–126.
- 9. *Meseguer A*. On the competition between centrifugal and shear instability in spiral Poiseuille flow / A. Meseguer, F. Marques // Journal of Fluid Mechanics. 2002. V. 455. P. 129–148.
- 10. Cotrell D. L. Linear stability of spiral and annular Poiseuille flow for small radius ratio / D. L. Cotrell, A. J. Pearlstein // Journal of Fluid Mechanics. 2006. V. 547. P. 1–20.

О ПОСТРОЕНИИ ПОТЕНЦИАЛА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ¹

В.Я. Рудяк*, С.Л. Краснолуцкий**, Д.А. Иванов***

В предположении, что взаимодействие молекул двух наночастиц описывается потенциалом Леннард – Джонса 6-12, построен потенциал взаимодействия наночастица—наночастица. В отличие от известных потенциалов, здесь наряду с силами притяжения учтены и силы отталкивания, что необходимо для достаточно малых наночастиц. Выражение для притягивающей части выведенного потенциала согласуется с соответствующим выражением, полученным ранее Хамакером для дисперсионной энергии взаимодействия двух шарообразных тел.

Введение

Интерес к наночастицам, связанный в первую очередь с различными многочисленными приложениями, инициировал систематические исследования их свойств. Наночастицы представляют собой достаточно необычные объекты и чрезвычайно любопытны сами по себе. Вместе с тем в реальных приложениях они взаимодействуют с несущей их средой. Обычно это либо твердая матрица, либо жидкость (газ). В последнем случае имеют место так называемые наножидкости. Сегодня уже ясно, что свойства наножидкостей существенно отличаются от свойств крупнодисперсных газовзвесей или суспензий. В частности, весьма необычными оказываются процессы переноса в нано-

¹

¹ Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 10-01-00074-а) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» Министерства образования и науки РФ (Гос. контракты Π 230, 14.740.11.0579).

^{*} Д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой теоретической механики НГАСУ (Сибстрин)

^{**} Канд. физ.-мат. наук, докторант кафедры теоретической механики НГАСУ (Сибстрин)

^{*} Ст. преподаватель кафедры теоретической механики НГАСУ (Сибстрин)

жидкостях. Например, диффузия наночастиц в газах и жидкостях может зависеть от их материала, она не описывается соотношениями, применяющимися для обычных макроскопических частиц, в том числе броуновских [1-3].

Наножидкости являются столь сложным объектом, а экспериментального материала относительно их свойств так мало, что в настоящее время фактически даже не делается попыток построить их феноменологическую теорию. Вместе с тем возможность построения последовательной статистической теории наножидкостей вполне реализуема. В частности, кинетическая теория разреженных газовзвесей фактически построена и уже подтверждена экспериментально [1, 4]. Однако в этой теории концентрация наночастиц предполагалась столь малой, что их взаимодействиями можно было пренебречь. С увеличением концентрации наночастиц их взаимодействия будут оказывать существенное влияние на процессы переноса и даже гидродинамику течения. Необходимо поэтому иметь конструктивный инструмент для описания этих взаимодействий. Таким инструментом в любой статистической теории является потенциал межчастичного взаимодействия. Впервые потенциал взаимодействия между шарообразными частицами разных материалов и размеров был предложен Хамакером в классической работе [5] и в настоящее время широко используется [6]. Он предполагал, что основной вклад обусловлен наличием сил Ван-дер-Ваальса. Это было связано с тем, что макроскопические частицы имеют чрезвычайно низкую собственную кинетическую энергию, и энергия отталкивания при этом пренебрежимо мала по сравнению с силами притяжения. Однако наночастицы имеют характерные размеры от 1 до 100 нм. И если самые большие частицы фактически могут рассматриваться как броуновские (макроскопические), то малые частицы имеют размеры, вполне сопоставимые с молекулярными. У них, естественно, и достаточно заметные тепловые скорости (тепловая скорость частицы c обратно пропорциональна корню квадратному из ее массы, и поэтому справедлива оценка: $c \sim R^{-3/2}$, где R — радиус частицы). В этих условиях, наряду с действующими между наночастицами силами притяжения, необходимо учитывать и силы отталкивания.

Цель данной работы состоит в выводе потенциала взаимодействия наночастиц, в котором учитывались бы не только силы Ван-дер-Ваальса, но и силы отталкивания. Потенциал фактически выводится так же, как и потенциал Рудяка — Краснолуцкого (РК) взаимодействия наночастицы с молекулой несущего газа [1, 7, 8], построенный ранее авторами и уже более десяти лет использующийся для моделирования процессов переноса в наножидкостях. Потенциал взаимодействия наночастиц строится на основе межмолекулярного потенциала Леннард — Джонса 6-12. Предполагается, что потенциал парный, а частицы твердые.

1. Потенциал взаимодействия наночастиц

Взаимодействие наночастиц - процесс чрезвычайно сложный. В общем случае для его описания необходимо решать соответствующую квантово-механическую задачу. Однако в широком диапазоне изменения параметров дисперсной системы взаимодействие частиц может описываться классически, на языке модельных потенциалов. Сегодня такие потенциалы являются основным инструментом исследования взаимодействия частиц и построения статистической термодинамики, теории процессов переноса и т.п. Несмотря на определенные принципиальные претензии к такому подходу [9], он остается чрезвычайно полезным и необходимым этапом построения статистической механики наножидкостей. Для вывода искомого потенциала рассмотрим взаимодействие наночастиц из разных материалов радиусами R_1 и R_2 . Взаимодействие каждой из молекул первой наночастицы с каждой молекулой второй наночастицы описывается потенциалом Леннард – Джонса 6-12

$$\Phi_{12} = 4\varepsilon_{12} \left[(\sigma_{12}/r)^{12} - (\sigma_{12}/r)^{6} \right]. \tag{1}$$

Процесс построения потенциала наночастица—наночастица технически разбивается на два этапа. На первом ищется потенциал взаимодействия первой наночастицы с изолированной молекулой второй. Это взаимодействие описывается уже упоминавшимся РК потенциалом [1, 7, 8]

$$\begin{split} \Phi_{RK}(r_i) &= \Phi_9(r_i) - \Phi_3(r_i), \\ \Phi_n &= C_n \left\{ \left[\frac{1}{\left(r_i - R_1\right)^n} - \frac{1}{\left(r_i + R_1\right)^n} \right] - \frac{n}{\left(n - 1\right)r_i} \left[\frac{1}{\left(r_i - R_1\right)^{(n - 1)}} - \frac{1}{\left(r_i + R_1\right)^{(n - 1)}} \right] \right\}, \\ C_n &= \frac{8\pi\varepsilon_{12}\sigma_{12}^{(n + 3)}}{n(n + 1)V_1}, \qquad \frac{1}{V_1} = \frac{\rho_1}{m_1}, \end{split}$$

где ρ_1 – плотность материала первой наночастицы, m_1 – масса молекулы (атома) вещества, из которого она состоит, r_i – расстояние между центрами наночастицы и молекулой i второй наночастицы.

Потенциал наночастица—наночастица определяется как сумма потенциалов взаимодействия первой наночастицы со всеми молекулами второй. Для этого потенциал (2) фактически необходимо просуммировать по всем i молекулам второй наночастицы. Поскольку частицы предполагаются твердыми и однородными, это суммирование следует заменить интегрированием по объему второй частицы. Для этого разобьем вторую наночастицу на тонкие кольца, положение которых определяется посредством текущего полярного угла θ (см. рисунок).

Таким образом, потенциал взаимодействия наночастиц радиусами R_1 и R_2 из разного материала вычисляется по формуле

$$\Phi_{NN}(r, R_1, R_2) =
= \frac{1}{V_2} \int_{0}^{R_2} \int_{0}^{\pi} \int_{0}^{2\pi} d\varphi \Phi_{RK}(\sqrt{r^2 + a^2 - 2ra\cos\theta}, R_1) \sin\theta d\theta a^2 da.$$
(3)

Здесь r — расстояние между центрами наночастиц, $V_2^{-1} = \rho_2 \, / \, m_2$, a — текущий радиус интегрирования, θ — текущий полярный угол (см. рисунок), φ — текущий азимутальный угол.

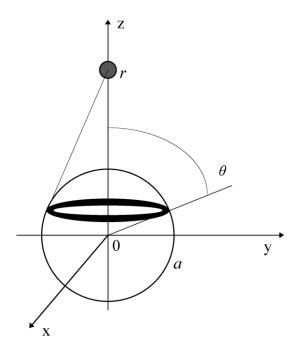


Схема интегрирования потенциала взаимодействия (2) по объему второй наночастицы. Темное кольцо показывает расположение молекул второй частицы на сфере радиуса a, равноудаленных от центра первой

При интегрировании используется сферическая система координат. В результате интегрирования выражения (3) получаем формулу для искомого потенциала

$$\Phi_{NN}(r, R_1, R_2) = \Phi_{NN,7}(r, R_1, R_2) - \Phi_{NN,1}(r, R_1, R_2), \quad (4)$$

где

$$\Phi_{NN,7}(r,R_1,R_2) = \frac{\pi^2}{315} \frac{\varepsilon_{12}\sigma_{12}^{12}}{V_1V_2} \left\{ \frac{R_1R_2}{r} \left[\frac{1}{(r-R_2-R_1)^7} + (5) \right] + \frac{1}{(r-R_2+R_1)^7} + \frac{1}{(r+R_2-R_1)^7} + \frac{1}{(r+R_2+R_1)^7} \right] - \frac{(R_1+R_2)}{6r} \left[\frac{1}{(r-R_2-R_1)^6} - \frac{1}{(r+R_2+R_1)^6} \right] + \frac{(R_1-R_2)}{6r} \left[\frac{1}{(r+R_2-R_1)^6} - \frac{1}{(r-R_2+R_1)^6} \right] - \frac{1}{30r} \left[\frac{1}{(r-R_2-R_1)^5} - \frac{1}{(r-R_2+R_1)^5} - \frac{1}{(r+R_2-R_1)^5} + \frac{1}{(r+R_2+R_1)^5} \right] \right\},$$

$$\Phi_{NN,1}(r,R_1,R_2) = \frac{2\pi^2}{3} \frac{\varepsilon_{12}\sigma_{12}^6}{V_1V_2} \left\{ \ln \left[\frac{r^2 - (R_2+R_1)^2}{r^2 - (R_1-R_2)^2} \right] + (6) + 2R_1R_2 \left[\frac{1}{r^2 - (R_1+R_2)^2} + \frac{1}{r^2 - (R_1-R_2)^2} \right] \right\}.$$

2. Обсуждение результатов

Потенциал (4) - (6) позволяет описывать взаимодействие двух разных наночастиц. Его достоинством является то, что входящие в него константы вычисляются по параметрам потенциала Леннард – Джонса (1). Это, в частности, означает, что параметры полученного потенциала для частиц данного вещества легко вычисляются. Это одновременно указывает и на то, что потенциал взаимодействия (4) - (6) существенно зависит от материала частиц. Такая зависимость, в свою очередь, будет инди-

видуализировать свойства переноса наночастиц не только по их размерам, но также и по их материалу.

Глубина потенциальной ямы существенно превышает глубину ямы межмолекулярного потенциала (1) и растет с увеличением радиуса частицы. Так, например, для цинка параметры межмолекулярного потенциала (1) равны: $\sigma_{12} \equiv \sigma = 2.46$ Å и $\varepsilon_{12}/k_B \equiv \varepsilon/k_B = 1040$ К [10]. С другой стороны, глубина ямы потенциала (4) – (6) двух одинаковых наночастиц Zn радиуса R=1 нм составляет 9035 K, а для наночастиц вдвое меньших – почти в четыре раза меньше (2600 К). Для таких же частиц лития глубина ямы составит соответственно 16322 К и 3718 К.

Выведенный потенциал взаимодействия содержит отталкивательную и притягивающую части. Как уже указывалось, притягивающий потенциал взаимодействия макроскопических частиц был выведен ранее Хамакером [5]. Он получил выражение для дисперсионной энергии взаимодействия двух шарообразных тел посредством аддитивного суммирования парных потенциалов взаимодействия отдельных молекул, составляющих эти тела. В результате было найдено следующее выражение:

$$\Phi_{H}(r, R_{1}, R_{2}) = \frac{A_{ij}}{6} \left\{ \ln \left[\frac{r^{2} - (R_{2} + R_{1})^{2}}{r^{2} - (R_{1} - R_{2})^{2}} \right] + \frac{1}{r^{2} - (R_{1} + R_{2})^{2}} \right\} + \frac{1}{r^{2} - (R_{1} - R_{2})^{2}} \right\}.$$
(7)

Здесь

$$A_{ij} \equiv \pi^2 C_W n_i n_j \tag{8}$$

так называемая константа Хамакера (C_W – константа Ван-дер-Ваальса дисперсионного взаимодействия молекул тела i и тела j, n_i – числовая плотность молекул в теле из материала i). Сравнение этого выражения с притягивающей частью потенциала (4) – (6) показывает, что они будут тождественными, если константу Хамакера принять равной $A_{12} = 4\pi^2 \varepsilon_{12} \sigma_{12}^6 n_1 n_2$.

Известно, что константа (8) плохо описывает экспериментальные данные. Как показали экспериментальные исследования сил Ван-дер-Ваальса между макроскопическими частицами, их величина гораздо лучше описывается теорией Лифшица, основанной на электродинамике сплошных сред [11]. Теория Лифшица, однако, начинает работать при таких размерах частиц, когда применима электродинамика сплошных сред, и спектры поглощения электромагнитного излучения частицы соответствуют спектрам поглощения макроскопических тел из того же материала, что и частица. Таким образом, речь идет фактически о макроскопических телах.

Потенциал же (4) – (6), напротив, применим для достаточно малых частиц. И здесь можно надеяться, что константа, определяющая величину сил притяжения в формуле (6), фактически определяет константу Хамакера для таких частиц. В этом смысле можно сказать, что предложенный способ построения потенциала дает и реальный новый путь определения константы Хамакера для достаточно малых дисперсных частиц.

Сравнивая величину отталкивающей (5) и притягивающей (6) частей потенциала (4), легко убедиться, что отталкивание на порядок-два слабее, чем притяжение. Поэтому для достаточно крупных частиц им действительно можно пренебречь.

Список литературы

- 1. *Рудяк В. Я.* Статистическая аэрогидромеханика гомогенных и гетерогенных сред. Т. 1. Кинетическая теория / В. Я. Рудяк. Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2004. 320 с.
- 2. *Рудяк В. Я.* О влиянии физических свойств материала наночастиц на их диффузию в разреженных газах / В. Я. Рудяк, С. Л. Краснолуцкий, Е. Н. Иващенко // Инженерно-физический журнал. 2008. Т. 81, № 3. С. 76–81.
- 3. Rudyak V. Ya. Measurements of the temperature dependent diffusion coefficient of nanoparticles in the range of 295–600 K at atmospheric pressure / V. Ya. Rudyak, S. N. Dubtsov, A. M. Baklanov // J. Aerosol Science. 2009. V. 40, iss. 10. P. 833–843.

- 4. *О методах* измерения коэффициента диффузии и размеров наночастиц в разреженном газе / Рудяк В. Я., Краснолуцкий С. Л., Насибулин А. Г., Кауппинен Е. И. // Доклады РАН. 2002. Т. 386, № 5. С. 624–631.
- 5. *Hamaker H. C.* The London van der Waals attraction between spherical particles / H. C. Hamaker // Physica. 1937. V. 4, № 10. P. 1058–1072.
- 6. *Israelachvili J.* Intermolecular and Surface Forces / J. Israelachvili. London: Academic Press, 1985–2004. 450 p.
- 7. Рудяк В. Я. Статистическая механика гетерогенных сред. IV. Потенциалы межчастичного взаимодействия / В. Я. Рудяк, С. Л. Краснолуцкий. Новосибирск: НГАСУ, 1998. 35 с. (Препринт / Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т; № 3 (13)).
- 8. Rudyak V. Y. The interaction potential of dispersed particles with carrier gas molecules / V. Y. Rudyak, S. L. Krasnolutskii // Rarefied Gas Dynamics XXI. Marseille, 1998. V. 1. P. 263–270.
- 9. *Рудяк В. Я.* Механика, процессы переноса, флуктуации и необратимость / В. Я. Рудяк. Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2011. 244 с.
- 10. Арефьев К. М. Явления переноса в газе и плазме / К. М. Арефьев. – Л. : Энергоатомиздат, 1983. – 111 с.
- 11. *Лифииц Е. М.* Общая теория ван-дер-ваальсовых сил / Лифшиц Е. М., Дзялошинский И. Е., Питаевский Л. П. // Успехи физических наук. -1961. -T. 73, № 3. -C. 381–422.

НОВЫЙ АЛГОРИТМ ДВУМЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ПО НЕПОЛНЫМ ПРОЕКЦИОННЫМ ДАННЫМ

Н.В. Важениева*

Данная работа посвящена разработке нового алгоритма томографической реконструкции по проекционным данным, известным только в ограниченном диапазоне углов сканирования. Чтобы синтезировать искусственные проекции в отсутствующих направлениях, использовалось условие Кавальери для *п*-мерного преобразования Радона. В результате вычислительного эксперимента было показано, что алгоритм позволяет улучшить качество реконструкции без дополнительных просвечиваний объекта.

Введение

Задача восстановления изображений по проекциям ставится в различных областях науки и техники. Наибольшее развитие компьютерная томография получила в медицинской диагностике. Однако в настоящее время методы компьютерной томографии также широко используются в электронной и рентгеновской микроскопии для получения структуры кристаллов и макромолекул; в геофизике — для поиска и разведки месторождений полезных ископаемых; в астрофизике — для исследования полей планет; в строительстве — для контроля конструкций с целью определения целостности материала, поиска инородных включений, полостей, расслоений и трещин [1–3].

С математической точки зрения речь идет о задаче восстановления функции по ее интегралам вдоль семейства лучей. Различные лучи соответствуют различным положениям источника и приемника излучения относительно объекта сканирования. Такая модель является простейшей, но во многих случаях хорошо отражает реальную ситуацию. Плотность реальных объектов является функцией трех пространственных координат.

_

^{*} Аспирант кафедры прикладной математики НГАСУ (Сибстрин)

Однако в классической компьютерной томографии трехмерный объект представляют в виде набора тонких срезов. Внутри каждого среза плотность считают функцией только двух переменных. При исследовании фиксированного среза систему «источник – приемник» устраивают таким образом, что регистрируются данные только по лучам, лежащим в тонком слое. Таким образом, приходят к задаче восстановления функции двух переменных f(x,y) по ее интегральным значениям вдоль лучей.

Запишем интеграл от функции f(x,y) вдоль прямой l, заданной вектором \vec{n} и расстоянием до начала координат r (рис. 1) в следующем виде:

$$\widetilde{f}(\vec{n},r) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x,y) \delta(r - x\cos\varphi - y\sin\varphi) dx dy.$$
(1)

Здесь $\delta(t)$ — обобщенная функция, известная как δ -ô óí êöèÿ Дирака. Функция $\check{f}(\vec{n},r)$ называется двумерным преобразованием Радона функции f(x,y) [4]. При фиксированном φ выражение (1) будем называть проекцией функции f(x,y).

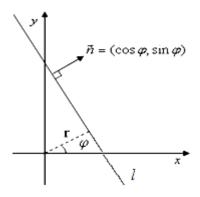


Рис. 1. Двумерное преобразование Радона

В условиях ограниченного угла обзора объекта возникает фундаментальная проблема реконструкции по неполным проек-

ционным данным. В настоящее время нет общих алгоритмов и методик по решению задач томографии с неполными данными. В работе предлагается и исследуется новый алгоритм томографии с ограниченным диапазоном углов. Идея метода состоит в вычислении искусственных проекций в тех направлениях, где они отсутствуют. При этом используется условие Кавальери для n-мерного преобразования Радона (иначе оно называется аналогом теоремы Пэли — Винера). Обозначим через $M_k(\varphi)$ момент k-го порядка от проекции

$$M_{k}(\varphi) = \int_{-\infty}^{+\infty} \check{f}(\vec{n}(\varphi), r) r^{k} dr.$$
 (2)

Согласно условию Кавальери все $M_k(\varphi)$ являются однородными многочленами степени k от компонент вектора \vec{n} [5]:

$$M_{k}(\varphi) = \sum_{l=0}^{k} a_{l} \cos^{l}(\varphi) \sin^{k-l}(\varphi).$$
 (3)

Причем коэффициенты a_t не зависят от угла φ . На этом свойстве основан предлагаемый в работе алгоритм.

1. Описание алгоритма

Пусть измерено N+1 проекций в диапазоне углов $\left[0,\,\varphi_0\right]$ с равномерным шагом $\Delta\varphi$ по углу. Обозначим через N_1 целую часть числа $\left(2\pi-\varphi_0\right)\!/\Delta\varphi$. Предлагаемый алгоритм состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Для каждой известной проекции по формуле (2) вычисляются моменты от 1-го до K-го порядка включительно. Найденные моменты подставляются в формулу (3), получается K систем линейных уравнений вида

$$M_{k}(\varphi_{i}) = \sum_{l=0}^{k} a_{lk} \cos^{l}(\varphi_{i}) \sin^{k-l}(\varphi_{i}),$$

$$\varphi_{i} = i\Delta\varphi, i = 0, 1, ..., N.$$
(4)

Каждая из систем (4) содержит N+1 уравнение и k+1 неизвестную. Из систем (4) находятся коэффициенты однородных полиномов a_{lk} . В проведенном вычислительном эксперименте было K < N, поэтому все системы (4) являлись переопределенными. В работе для их решения использовался метод наименьших квадратов.

Шаг 2. По формулам (3) с использованием полученных коэффициентов a_{lk} вычисляются моменты с 1-го до K-го порядка для N_1 неизвестных проекций: $M_k(\varphi_i)$, $i=N+1,\,N+2,\,\ldots,\,N+N_1$. (Моменты нулевого порядка для всех проекций одинаковы.) Представляя интегралы (2) в виде конечной суммы, имеем:

$$M_{k}(\varphi) = \sum_{j=-J/2}^{J/2} \check{f}(\varphi, jh)(jh)^{k}, \qquad (5)$$

где h — шаг равномерной сетки, на которой заданы проекции. Выражение (5) представляет собой систему линейных уравнений для определения значений неизвестных проекций в узлах сетки. Она содержит K+1 уравнение и J неизвестных. В данной работе система (5) решалась алгоритмом ART [4].

Шаг 3. Томографическая реконструкция функции f(x,y) каким-либо стандартным алгоритмом по набору из $N+N_1+1$ одномерной проекции; из них N+1 известна в результате измерений, а N_1 получены путем решения системы уравнений (5).

2. Результаты вычислительного эксперимента

Для исследования предложенного алгоритма был проведен вычислительный эксперимент.

В первую очередь были проведены оценки точности восстановления моментов для неизвестных проекций.

На рис. 2 кривая 1 показывает реальные моменты, они рассчитывались по математическому фантому. Моменты проекций в диапазоне углов от 0 до 60° считались заданными, по ним производилось восстановление моментов остальных проекций. На рис. 2 он выделен вертикальными линиями. Кривая 2 за пределами этого интервала отображает моменты, восстановленные предложенным методом. Внутри него показаны значения моментов, вычисленных по проекционным данным, содержащим случайный гауссовый шум. Корень из дисперсии шума для рис. 2a составляет 7% от максимального значения проекции, для рис. 26-3%. На рис. 3 показана усредненная по проекциям зависимость ошибки восстановления моментов от уровня шумов в проекционных данных.

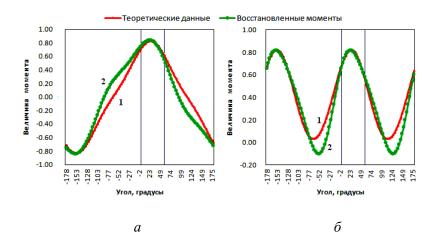


Рис. 2. Восстановление моментов. Графики величин моментов в зависимости от угла просвечивания: a — моменты 3-го порядка, δ — моменты 4-го порядка

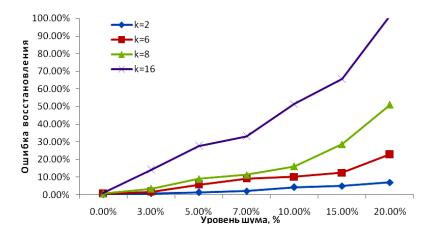


Рис. 3. Восстановление моментов

В качестве меры близости восстановленного изображения к истинному использовалась нормированная среднеквадратичная ошибка:

$$\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (f_i^0 - f_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (f_i^0)^2}} \cdot 100\%, \tag{6}$$

где $f_i^{\,0}$ и f_i — значения соответственно математического фантома и томограммы в i -м узле.

Для томографической реконструкции использовался математический фантом, изображенный на рис. 4*a*.

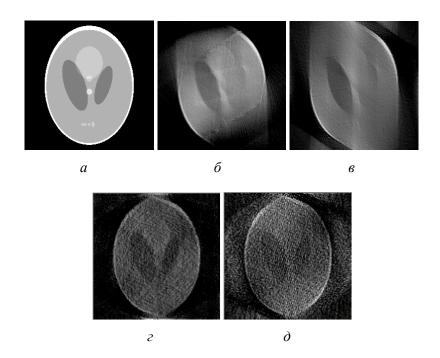


Рис. 4. a — математический фантом, δ — ∂ — восстановленные томограммы, δ , ε — предлагаемый метод, ϵ , ∂ — алгоритм ART

Примеры получаемых томограмм приведены на рис. 46– θ . Количество проекций – 256. На рис. 46, θ шум в проекционных данных отсутствует, величина угла φ_0 – 60°. На рис. 4ε , θ шум составляет 5% от максимального значения проекции, величина угла φ_0 – 120°.

На рис. 5 даны зависимости ошибки Δ от корня из дисперсии случайного шума σ . Величина σ приведена в процентах от максимального значения проекции. Количество проекций – 128. Из рис. 5 видно, что точность реконструкции падает с ростом уровня шума в проекционных данных. Так, при наличии шума более 13% для $\varphi_0 = 60^\circ$ точность реконструкции по неполным данным практически совпадает с точностью реконструкции по

данным, пополненным предлагаемым методом; разница составляет 1-2%.

На рис. 6 представлены зависимости ошибки Δ от величины угла φ_0 .

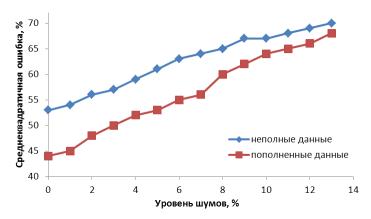


Рис. 5. Зависимости среднеквадратичной ошибки томографической реконструкции от уровня шумов в проекционных данных

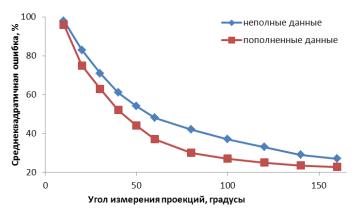


Рис. 6. Зависимости среднеквадратичной ошибки томографической реконструкции от угла, в котором измеряются проекционные данные

Выводы

Предложенный алгоритм томографической реконструкции позволяет с приемлемой точностью восстанавливать объект исследования по проекционным данным, известным только в ограниченном диапазоне углов сканирования.

При умеренном шуме в исходных данных (до 10%) применение рассматриваемого метода позволяет существенно улучшить качество томографической реконструкции в том случае, когда известные проекции содержатся в угловом интервале 60–140°. При шуме в 10% лучшая точность восстановления наблюдалась при использовании 6–7 первых моментов.

Список литературы

- 1. *Филонин О. В.* Малоракурсная томография в неразрушающем контроле материалов и изделий / О. В. Филонин // Материалы Всерос. науч.-техн. конф. по радиоэлектронике. Самара, 2003. С. 88—90.
- 2. *Артемьев В. М.* Рекуррентная реконструкция изображений в рентгеновской томографии / В. М. Артемьев, А. О. Наумов, Г. Р. Тиллак // 15-я Московская науч.-техн. конф. «Неразрушающий контроль и диагностика». М., 1999.
- 3. *Арефьев М. Г.* Разработка алгоритма реконструкции томографического изображения для повышения точности определения дефектов и снижения затрат на проведение контроля / М. Г. Арефьев, Ю. А. Каксис, В. Я. Маклашевский // Контроль. Диагностика. 1999. JST 8. С. 23–27.
- 4. $Xермен\ \Gamma$. T. Восстановление изображений по проекциям. Основы реконструктивной томографии / Γ . T. Xермен.-M. : $Mup,\ 1983.-352\ c$.
- 5. Γ ельфанд И. М. Избранные задачи интегральной геометрии / И. М. Гельфанд, С. Г. Гиндикин, М. И. Граев. М. : Добросвет, 2000.-208 с.

РЕШЕНИЕ СИСТЕМ КВАДРАТИЧНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЗАДАЧАХ СВЧ-ЗОНДИРОВАНИЯ ИМПЕДАНСНЫХ ОБЪЕКТОВ

М.С. Соппа*

В статье предложены подходы к итерационному решению систем квадратичных уравнений, полученных после дискретизации и регуляризации исходной обратной задачи. При определенных ограничениях на параметры задачи доказывается сходимость построенных алгоритмов.

Рассмотрим задачу о рассеянии E — поляризованной электромагнитной волны на импедансной цилиндрической поверхности S, возникающую, например, при моделировании процесса неразрушающего контроля целостности конструкции. При этом для ненулевой компоненты поля $u = E_z(x,y)$ в области D выполняется уравнение Γ ельмгольца с модифицированным граничным условием [1].

Согласно постановке обратной задачи требуется при известной геометрии тела S найти распределение поверхностного импеданса W, обеспечивающее приближение с достаточной точностью к заданным значениям характеристик рассеянного поля:

$$J = \sum_{(x_i, y_i) \in S_d} ||u^s(x_i, y_i)| - |u_{\varsigma}(x_i, y_i)||^2 \to \min.$$
 (1)

Фазовая функция диаграммы рассеяния считается неизвестной (известен лишь модуль отраженного поля).

В m точках области S_d запишем интегро-операторное уравнение [2]:

* Д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры прикладной математики НГАСУ (Сибстрин)

Ł

$$\frac{\gamma}{2\pi kW_0} \int_{S} (i\frac{\partial g(M,P)}{\partial n_P} + g(M,P)B^{-1}A) \frac{\partial u_0(P)}{\partial n} W(P)dS_P +$$

$$+\frac{\gamma}{2\pi}\int_{S}\frac{\partial u_{0}(P)}{\partial n}g(M,P)dS_{P}=u_{3}(M), M \in S_{d}. \tag{2}$$

Это уравнение необходимо дополнить следующими соотношениями, связывающими мнимые и вещественные части рассеянного поля между собой:

$$\operatorname{Im} u_i^s = \mu_i \sqrt{|u_{si}|^2 - (\operatorname{Re} u_i^s)^2}, \ i = \overline{1, m},$$
 (3)

μ, – неизвестные заранее знаки мнимых частей.

Для численного решения сформулированной обратной задачи предлагается использовать два подхода.

1. Построение сжимающего оператора

Этот подход применяется нами для случая импедансных покрытий малой интенсивности, когда проводимость объекта мало отличается от идеальной.

Дискретизацию задачи проведем с использованием метода граничных элементов: контур заменяется замкнутой ломаной линией, состоящей из *N* отрезков – панелей. На каждой из панелей в контрольных точках (точках коллокации) требуется выполнение граничного условия. В результате получим систему уравнений:

$$C_1 z_1 = f_1. (4)$$

Здесь квадратная матрица C_1 с известными коэффициентами имеет порядок 3m. Вектор искомых параметров z_1 имеет следующие компоненты:

$$(\operatorname{Re} W_1, \operatorname{Im} W_1, ..., \operatorname{Re} W_{m/2}, \operatorname{Im} W_{m/2},$$

$$\operatorname{Re} u_1^s, \operatorname{Im} u_1^s, ..., \operatorname{Re} u_m^s, \operatorname{Im} u_m^s).$$

При исследовании нелинейной системы (4) разделим вклады рассеяния на импедансной поверхности (эти компоненты будем обозначать индексом (v)) и на идеально проводящей поверхности (индекс (b)). В результате имеем:

$$\operatorname{Re} u_{ci} = \operatorname{Re} u_{bi}^{s} + \operatorname{Re} u_{vi}^{s}, \quad \operatorname{Im} u_{ci} = \operatorname{Im} u_{bi}^{s} + \operatorname{Im} u_{vi}^{s}, \quad i = \overline{1, m}.$$

Также возможно разделить эти вклады и в значениях модулей: $|u_{ci}| = |u_{bi}^s| + \Delta_{vi}$, где для Δ_{vi} из неравенства треугольника вытекает оценка

$$|\Delta_{vi}| = ||u_{ci}| - |u_{bi}^{s}|| \le |u_{ci} - u_{bi}^{s}|| = |u_{vi}^{s}|.$$

С учетом этого из (3) следует:

$$|u_{ci}|^2 = (\text{Re}\,u_{bi}^s + \text{Re}\,u_{vi}^s)^2 + (\text{Im}u_{bi}^s + \text{Im}u_{vi}^s)^2.$$

В результате получим:

$$C_2 z_2 = b_2 + d_2(z_2).$$
 (5)

Для векторов d_2 и b_2 , входящих в правую часть, выполняются оценки:

$$\| d_2(z) - d_2(\tilde{z}) \| \le M_d \| z - \tilde{z} \| \| z + \tilde{z} \|,$$

$$\| d_2(z) \| \le M_d \| z \|^2, \quad \| b_2 \| \le M_0 \rho_v.$$

Здесь $\rho_v = \left\| \boldsymbol{u}_v^s \right\| -$ максимум модулей приращений рассеянного поля, а константы \boldsymbol{M}_0 и \boldsymbol{M}_d зависят от известных данных исходной задачи.

Задача определения поверхностного импеданса по значениям фазовой диаграммы рассеянного поля относится к классу некорректно поставленных [3]. Поэтому при построении матрицы C_2 проведена операция симметризации путем умножения обеих частей системы на транспонированную матрицу, кроме того,

включено регуляризирующее слагаемое нулевого порядка по A.H. Тихонову с параметром регуляризации α .

Численное решение системы нелинейных уравнений получим с помощью итерационного процесса:

$$z^{(k)} = C_2^{-1}(b_2 + d_2(z^{(k-1)})) \equiv G(z^{(k-1)}), k = 1, 2, 3, ...$$
 (6)

Докажем, что при каждом фиксированном значении параметра регуляризации α оператор G(z) является сжимающим.

В качестве начального приближения выберем вектор $z^{(0)} = C_2^{-1} \pmb{b}_2$. Благодаря введенной регуляризации имеем:

$$\left\|C_2^{-1}\right\| \leq M_C,$$

где константа M_C зависит от параметра регуляризации α . Тогда $\|z^{(0)}\| \leq M_C M_0 \rho_{\nu}$. Будем предполагать, что исходные данные задачи обеспечивают оценку $\rho_{\nu} \leq \frac{1}{8M_C^2 M_0 M_d}$, при этом $\|z^{(0)}\| \leq \frac{1}{8M_C M_d}$. Обозначим через Q шар c центром в $z^{(0)}$, имеющий радиус $\frac{1}{8M_C M_d}$. Для любой точки \tilde{z} из этого шара выполняется неравенство

$$\|\widetilde{z}\| \le \|\widetilde{z} - z^{(0)}\| + \|z^{(0)}\| \le \frac{1}{4M_C M_d}$$

Кроме того, если $z, \tilde{z} \in Q$, то $G(z) \in Q$, а

$$||G(z) - G(\widetilde{z})|| = ||C_2^{-1}(d_2(z) - d_2(\widetilde{z}))|| \le$$

$$\leq 2M_C M_d \max(|z|, |\widetilde{z}|) ||z - \widetilde{z}|| \leq \frac{1}{2} ||z - \widetilde{z}||.$$

Таким образом, оператор $G:Q\to Q$ является сжимающим. Радиус окрестности, в которой выполняется свойство сжатия, очевидно, зависит от параметра регуляризации α .

Установленные свойства отображения $z \to G(z)$ позволяют при фиксированном значении параметра регуляризации доказать сходимость построенного итерационного процесса со скоростью, соответствующей геометрической прогрессии. Выбор начального приближения, соответствующего решению при W=0 (идеально проводящая поверхность), обеспечивает определенность знаков мнимых частей рассеянного поля.

2. Итерационный метод Ньютона

В этом подходе используется нелинейное интегро-операторное уравнение. Обозначим левую часть (2) через J_W и умножим на сопряженное выражение. В результате получим:

$$J_W \cdot \overline{J_W} = \left| u_c(M) \right|^2. \tag{7}$$

Так как J_W линейно по отношению к искомой функции W, то левая часть будет иметь квадратичную нелинейность по отношению к величинам ${\rm Re}\,W$ и ${\rm Im}\,W$. После дискретизации придем к системе квадратичных уравнений порядка m, которая, вообще говоря, может иметь 2^m решений. Очевидно, что для систем не применимы методы типа метода половинного деления, столь эффективные для одномерных уравнений, так как аналог теоремы Больцано – Коши в многомерном случае отсутствует.

Рассмотрим модельную для дискретного аналога уравнения (7) систему уравнений, которая получается при специальном подборе матрицы оператора дискретной задачи:

$$\begin{cases} \left| (1+i)W_1 + 0.5iW_2 + i \right|^2 = 1 \\ \left| 0.5iW_1 + (1+i)W_2 + i \right|^2 = 1, \end{cases}$$

где $W_1 = \text{Re } W$, $W_2 = \text{Im } W$. Перепишем это в виде:

$$\begin{cases} W_1^2 + (W_1 + W_2 / 2 + 1)^2 = 1 \\ W_2^2 + (W_2 + W_1 / 2 + 1)^2 = 1, \end{cases}$$

откуда

$$(7/4)(W_1-W_2)(W_1+W_2) = -(W_1-W_2)$$
.

При $W_1 = W_2$ получаем для (W_1, W_2) пару решений:

$$(0,0)$$
 и $(-(12/13),-(12/13))$.

При $W_1 = -4/7 - W_2$ также имеются два решения:

$$(0.402, -0.973)$$
 и $(-0.973, 0.402)$.

Итак, пусть нами получена система квадратичных уравнений $\hat{O}(\vec{W}) = 0$. Не накладывая предположения о малости значений \vec{W} , будем считать, что это уравнение разрешимо и $\hat{O}(\vec{W_r}) = 0$. За счет выбора начального приближения $\vec{W_0}$ можно обеспечить выполнение условий: $\left\| (D\hat{O})^{-1}(\vec{W_0}) \right\| \leq \hat{I}_1$, $\left\| \hat{O}(\vec{W_0}) \right\| \leq \varepsilon$. В силу квадратичности функции $\hat{O}(\vec{W})$ ее производная (по Фреше) $D\hat{O}(\vec{W})$ в любой точке пространства удовлетворяет условию Липшица:

$$||D\hat{O}(\vec{W_1}) - D\hat{O}(\vec{W_2})|| \le \hat{I}_2 ||\vec{W_1} - \vec{W_2}||,$$

где M_2 — константа, ограничивающая вторые производные функции $\hat{O}(\vec{W})$.

Решение получим итерационным методом Ньютона, который реализуется с помощью следующего алгоритма:

$$W^{(k)} = W^{(k-1)} - (D\hat{O}(W_0))^{-1} \hat{O}(W^{(k-1)}), \quad k = 1, 2, 3, \dots$$
 (8)

Выбор $\varepsilon \leq 0.25/(M_1^2 M_2)$ обеспечивает сходимость итерационного процесса (8) к решению $\vec{W_r}$ со скоростью геометрической прогрессии.

Однозначная разрешимость данной задачи может быть обеспечена с помощью привлечения некоторой априорной информации о решении. Это может быть, в частности, информация о знаке реальной (либо мнимой) части рассеянного поля. В отличие от первого подхода здесь мы не накладываем ограничительных требований на величину нормы вектора решения \vec{W}_r .

- 1. *Conna M. C.* Математическое моделирование СВЧ-диагностики импедансных поверхностей при неизвестной фазе отраженного сигнала / М. С. Соппа // Прикладная математика и техническая физика). 2008. Т. 49, № 4. С. 146–150.
- 2. *Соппа М. С.* Численное решение смешанных обратных задач дифракции радиоволн на импедансных поверхностях / М. С. Соппа // Вычислительные технологии. 2008. Т. 13, ч. III. С. 203–209.
- 3. *Тихонов А. Н.* Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. М. : Наука, 1979. 288 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЗАТРАТ ПРИ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКЕ ТЕКУЩЕЙ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

О.Н. **Чащин***, Т.Т. Баланчук**

Применен алгоритм, основанный на использовании экспертной меры для определения затрат времени, необходимого для повышения рейтинга студента и оценки трудоемкости дидактических материалов.

В работе авторов [1] было анонсировано применение экспертной меры для определения затрат ресурсов, необходимых, чтобы достичь значения показателя в оцифрованной порядковой шкале.

Пусть $x \in X$ — линейно упорядоченное множество состояний некоторой системы, и ему соответствует значение экспертной оценки (числовой рейтинг, балльная оценка или значение лингвистической переменной). Это значение будем обозначать r = r(x) и предполагать, что выполнено естественное условие монотонности: r(a) < r(b) при a < b.

Пусть определена положительная числовая функция Q(x), заданная на X, равная общему количеству затрат некоторого ресурса, который необходим для того, чтобы достичь уровня оценки, равного r(x). Функция Q(x) обладает очевидным свойством монотонности: для каждой пары a и b сравнимых элементов из пространства состояний X: (a < b) выполнено неравенство

$$Q(a) < Q(b)$$
.

Предположим сначала, что оценки являются действительными числами, т.е. $r(x) \in R$, а все возможные их значения рас-

-

^{*} Канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой СибУПК (Новосибирск)

^{**} Канд. техн. наук, доцент СибУПК (Новосибирск)

полагаются в интервале [m;M]. Число m будем интерпретировать как такую оценку, для достижения которой не нужно затрачивать никаких ресурсов, а M — наибольшее значение рейтинга среди имеющихся, т.е. оценка просто не может быть больше этого значения. Значения m и M на практике определяются на основе экспертных заключений.

Нормируем функцию Q(x), т.е. введем в рассмотрение функцию

$$F(x) = Q(x)/Q(M)$$
.

Очевидно, что F(x) = 0, при r(x) < m; F(x) = 1, при r(x) > M; и монотонно возрастает как функция аргумента x при r(x), принадлежащем интервалу [m;M]. Ее естественно интерпретировать как функцию принадлежности к множеству K (достоверно конкурентоспособных состояний).

Функция принадлежности определяется формулой

$$\mu_A(a) = F(a) = Q(a)/Q(M),$$

где множество A определено значением рейтинговой оценки

$$A = \{ x \in X : Q(x) < Q(a) \}.$$

Значение функции $\mu_A(x)$ может быть интерпретировано как количественная мера конкурентоспособности состояния системы A, соответствующего экспертной оценке a:

$$\mu_{A}(x) = 1$$
, при $x \in K$ достоверно – $(r(a) > M)$;

$$\mu_A(x) = 0$$
, при $x \notin K$ достоверно – $(r(a) < m)$;

 $0<\mu_A(x)<1$, в остальных случаях и является монотонной в том смысле, что $\mu_A(x)<\mu_B(x)$ при $A\subset B$, что соответствует условию a< b.

Экспертным путем при условии a < b на практике достаточно уверенно определяется относительное приращение количества ресурса:

$$\Delta_a^b = [\mu_B(x) - \mu_A(x)]/(b-a).$$

При переходе в разделенной разности к пределу при b-a стремящемся к нулю, при выполнении дополнительного условия $r(x) \in (a,b)$ получим при каждом x значение функции влияния, которая имеет смысл нормированной плотности распределения затрат ресурса в интервале [m;M]. Обозначим ее $\rho(x)d_ux$.

Из свойств функции влияния – производной функции принадлежности [2] – следует локальное равенство

$$dF(x) = f(r)dr = \rho(x)d_{\mu}x.$$

Следовательно, «цена вопроса» для повышения рейтинга от величины a до значения b равна

$$Q(a,b) = Q(M) \cdot \int_{a}^{b} f(r)dr = Q(M) \cdot \int_{B \setminus A} \rho(x)d_{\mu}x.$$

В определении экспертной меры (функции на сигма-алгебре подмножеств с метками в оцифрованной шкале) объективно присутствует неопределенность, связанная с человеческим фактором.

Нами было проведено исследование, целью которого было определение трудозатрат, точнее, затрат времени, необходимого студенту для повышения своей балльно-рейтинговой оценки.

В семестре выставляются баллы по четырем темам. Каждая оценка является усредненным показателем по различным видам контроля студента и взаимодействия с ним за тот период (приблизительно 4 недели), когда изучается та или иная тема.

Виды контроля: контрольная работа, коллоквиум, индивидуальное домашнее задание, контрольное тестирование, лабораторная работа.

Виды взаимодействия со студентом: защита индивидуального домашнего задания, защита лабораторной работы, работа над ошибками контрольной работы и индивидуальное задание, ответ у доски на семинаре.

Каждый из видов взаимодействия и видов контроля оценивается по 100-балльной шкале. Менее 30 баллов это неудовле-

творительная оценка, далее с шагом 10 идут оценки 40 баллов, 50, 60, 70, 80. Более 80 баллов студент может получить только в том случае, если он решает задания «со звездочкой», т.е. задания, которые требуют креативного подхода (объем трудозатрат для решения этих заданий не является определяющим показателем). Другими словами, значения функции влияния отличны от нуля в интервале от 30 до 80 баллов.

Задания, оцениваемые до 80 баллов, сформулированы таким образом, что любой студент, воспринявший материал, т.е. приложивший усилия для получения знаний и умений, может отработать навыки и продемонстрировать эти навыки во время проведения контрольных мероприятий.

После усреднения всех результатов, полученных по теме, выводятся баллы от 30 до 80 с шагом 5 (шаг 5 получается после статистической обработки и округления результатов).

Определение экспертной меры (у каждого студента она имеет свое значение) устанавливается в ходе опроса (анкетирование). Студент примерно знает, какое приращение уровня оценки достигается им, если затратить определенное время.

В качестве примера покажем группу, в которой по учебной программе запланировано 82 часа на самостоятельную работу. В группе 17 человек. Двое не набрали достаточного количества баллов (< 30 за каждую тему). Уровень базовой подготовки примерно одинаковый: самый высокий – у студента № 4, самый низкий – у студентки № 6. Очень разный уровень мотивации и способности к концентрации. Представлены результаты работы за третий семестр. Все три семестра с этой группой работал один преподаватель (и лекции, и семинары, и занятия в компьютерном классе). Со студентами налажены хорошие деловые отношения. При личной беседе (собеседовании, опросе) студенты не зажаты, не стараются избежать личных взаимодействий с преподавателем, поэтому можно довольно хорошо оценить их уровень знаний, способность и мотивацию. Девять человек из группы занимались практически все запланированное время.

№ п/п	ФИО студента	Оценки				Итоговая оценка	Эквивалент по 5-бал- льной шка-	Затраты времени на самостоятельную работу			Всего	
		I	II	III	IV		ле	I	II	III	IV	
1	Евтушенко М.Н.	60	65	70	70	66	4	20	20	20	20	80
2	Мифтахов А.А.	70	70	65	70	69	4	20	15	15	20	70
3	Крашенко В.П.	30	30	35	30	31	3	10	10	10	10	40
4	Маринич Г.В.	40	45	35	30	38	3	10	5	5	10	30
5	Тюхаева И.Г.	30	40	40	40	38	3	20	20	10	10	60
6	Струкова Н.П.	30	35	30	35	33	3	20	20	20	20	80
7	Проваленко Н.А.	75	80	80	80	79	5	20	20	20	20	80
8	Зенченко А.Н.	30	30	40	30	33	3	10	10	10	10	40
9	Осадчий С.П.	60	60	70	50	60	4	20	20	20	20	80
10	Иванов И.С.	35	40	40	30	36	3	10	15	15	10	50
11	Штумпф Г.Л.	80	80	80	80	80	5	20	20	20	20	80
12	Зеленина А.В.	30	30	30	35	31	3	10	10	10	10	40
13	Бурдей А.С.	70	70	70	65	69	4	20	20	20	20	80
14	Сидорова А.А.	80	80	80	80	80	5	20	20	20	20	80
15	Емельянова А.А.	60	65	65	70	65	4	20	20	20	20	80

Результаты от «удовлетворительно» до «отлично». С первой попытки высокие баллы (на оценку «хорошо» и «отлично») заработали студенты № 2, 7, 11, 14. Студентка № 11 повысила свои баллы, используя вторые попытки по двум темам. Студенты № 1, 9, 13, 15 с первой попытки получили оценки «удовлетворительно» и улучшили свои результаты, используя вторую, а иногда даже третью попытку.

- 1. Чащин О. Н. Применение локальных свойств функции принадлежности для определения уровня затрат ресурсов / О. Н. Чащин, Т. Т. Баланчук // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-16-2010): докл. 16-й Междунар. науч.практ. конф., Абакан, 4–6 окт. 2010 г. Томск, 2010. С. 232–235.
- 2. *Перегудов Ф. И.* Введение в системный анализ / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. М. : Высшая школа, 1989. 367 с.

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 802.0-024-54

МАТРИЦА КОНЦЕПТА 'РАДОСТЬ' В АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Л.А. Харламова*

Данная работа посвящена дальнейшему развитию метода матричных исследований культурных концептов, начало которому положено в монографии [1]. Приводятся факты несовпадения средств передачи концептов 'Радость' и 'Joy' в русском и английском языках. Выявлены этноспецифические особенности матрицы английского концепта.

Согласно традиционным англо-русским и русско-английским словарям лексические значения слов радость и јоу идентичны. Однако многочисленные дериваты английской лексемы јоу могут не иметь соответствий среди дериватов русской лексемы радость и передаются другими средствами русского языка, приобретающими узкий контекстуальный смысл. Возникает проблема неполного совпадения понятий, выражаемых конгруэнтными словами двух разных языков. В некоторых контекстах русский концепт 'Радость' передается на английский иными языковыми средствами. Например: Я рад Вас видеть – I am glad to see you; С радостью – With pleasure; Какая радость – How lovely!

Для выявления этноспецифических особенностей английского концепта рассмотрим корень *joy* с его многочисленными дериватами как семиотический знак, который в системе Ч.С. Пирса классифицируется как символ [2]. Символические знаки не имеют денотата и условны по своей природе. Признаки обозначаемых этими знаками концептов обнаруживаются через контексты и анализ других средств их языкового выражения.

Английский концепт 'Joy' может быть представлен в английском языке именами существительными joy, joyfulness, enjoyment, rejoicing, joyance, именами прилагательными joyful,

_

^{*} Канд. филол. наук, доцент кафедры иностранных языков НГАСУ (Сибстрин)

joyous, enjoyable, глаголами enjoy, rejoice. Толковые англоанглийские словари показывают, что часть вышеперечисленных лексем — близкие синонимы вплоть до полного совпадения лексических значений и контекстуального употребления. Так, слова joyful и joyous приводятся в словарях со знаком равенства. Близки по значению и существительные joy, joyfulness, joyance.

Глаголы же, будучи производными от одного корня, имеют четкие различия в коннотациях и контекстных употреблениях. Русскому *радоваться* больше соответствует *to rejoice*, в то время как *to enjoy* может быть описан совокупностью признаков 1) наслаждаться, 2) получать удовольствие, 3) веселиться.

Для воссоздания правильной картины концепта важно учитывать частотность употребления языковых средств, используемых для его выражения. В этом смысле глагол *to enjoy* значительно превосходит глагол *to rejoice*. Совокупность признаков более частотных средств выражения концепта образует ядро концепта, а менее частотные средства размещают свои смысловые признаки ближе к периферии. В современном английском языке глагол *to enjoy* имеет наиболее высокую частотность из всех производных корня joy.

Обозначив исследуемый концепт словом-символом Јоу, опишем его совокупностью смысловых признаков, обнаруженных в контекстах и тезаурусных словарях: pleasure, gladness, satisfaction, luck, happiness, delight и т.д. Теперь заполним иерархический перечень матрицы концепта. Признаки pleasure, gladness, satisfaction, присутствующие во всех контекстах, являются ядерными. Эпизодическими, необязательными признаками luck, happiness, delight, составляющими периферию концепта, при составлении матрицы можно пренебречь. Место основного признака, так называемой матричной доминанты, занимает признак pleasure. Именно с него следует начать заполнение иерархического перечня, так как согласно контекстам и толковым словарям [3, 4] он точнее и полнее других выражает смысл рассматриваемого концепта. Вторым признаком в иерархии следует признать gladness, так как оба возможных смысла лексемы glad объясняются толковыми словарями как 1) pleased и 2) joyful.

При этом корень *glad* имеет более высокую частотность употребления по сравнению с *satisfaction*. Следовательно, признак *satisfaction* занимает третью позицию в перечне смыслов как один из обязательно сопутствующих исследуемому концепту. В результате получаем матрицу следующего вида:

Словесный символ концепта	Joy
Матричная доминанта	'pleasure'
Ассоциативный признак	'gladness'
Ассоциативный признак	'satisfaction'

Сравнив полученную матрицу с матрицей русского концепта 'Радость', анализ которой приводится в статье [5], можно видеть концептуальное различие, т.е. разницу менталитета носителей сопоставляемых языков.

- 1. *Проскурин С. Г.* Семиотика концептов. Вечные индоевропейские темы: вера, надежда, любовь / С. Г. Проскурин, Л. А. Харламова. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2008. 212 с.
- 2. *Пирс Ч. С.* Логические основания теории знаков / Ч. С. Пирс. СПб. : АЛЕТЕЙЯ, 2000. 168 с.
- 3. *Hornby A. S.* Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English / A. S. Hornby. Oxford : Oxford University Press, 1982. 1036 p.
- 4. *The Oxford* English Dictionary / ed. by J. Murray [et al.]. Oxford: Clarendon Press, 1961. Vol. 1–12.
- Харламова Л. А. Правило символа / Л. А. Харламова // Труды НГАСУ. Новосибирск, 2009. Т. 12, № 1 (44). С. 107–114.

КОММУНИКАТИВНАЯ КУЛЬТУРА СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Г.И. Михайлова*

В статье рассматривается проблема культурного становления личности будущего инженера. Подтверждается необходимость формирования коммуникативной культуры студентов технического вуза как важное условие их профессиональной подготовки.

В современном техническом образовании нельзя и дальше придерживаться технократической модели, в которой образовательный процесс ориентирован только на получение профессиональных знаний в ущерб общекультурному развитию. Одними из самых острых проблем педагогической науки в наше время можно считать переоценку функций образования, изменение его ценностных ориентаций, привлечение внимания к идее гуманизма и развитию духовной стороны личности будущего инженера.

Результатом недостаточного уровня коммуникативной культуры выпускников технического вуза являются трудности в общении, в установлении межличностных отношений, неумение правильно вести спор, отстаивать свое мнение, убеждать, аргументировать, анализировать ситуацию, извлекать нужную информацию из общения. Современный выпускник вуза должен быть не только квалифицированным специалистом, но и субъектом культуры, обладающим высокими морально-этическими качествами, социальной активностью и эрудицией.

Проблема культурного становления личности будущего инженера была затронута еще в 2002 году на Всемирном конгрессе по инженерному образованию (World Congress on Engineering Education). В рамках этого конгресса были сформулиро-

_

^{*} Ст. преподаватель кафедры иностранных языков НГАСУ (Сибстрин)

ваны требования к выпускнику инженерного вуза, среди которых помимо профессиональной компетенции (сочетания теоретических знаний и практической подготовленности, способности осуществлять все виды профессиональной деятельности в соответствии с образовательным стандартом) значилась и коммуникативная готовность (владение литературной, деловой письменной и устной речью; знание этики общения и т.п.). Была также отмечена необходимость развития способности творчески подходить к решению профессиональных задач, формирования умения ориентироваться в нестандартных ситуациях, стремления к постоянному личностному и профессиональному совершенствованию. Таким образом, актуальность этой проблемы не вызывает сомнения. Современному обществу нужны специалисты нового типа, способные к постоянному развитию своих личностных качеств, духовного мира, профессионализма, умеющие с максимальным эффектом использовать свои природные возможности, развивать общую и коммуникативную культуру.

Анализ теории и практики формирования коммуникативной культуры в техническом вузе позволяет выделить следующие противоречия:

- между теоретическими аспектами гуманизации образования и недостаточной разработанностью современных подходов к их реализации;
- между требованиями, предъявляемыми к уровню культуры специалистов технического профиля, и разработанностью системы ее формирования в процессе обучения студентов в техническом вузе;
- между растущими потребностями производственной сферы в инженерах, владеющих коммуникативной культурой, и уровнем подготовки будущих инженеров к деловому общению.

Для выявления сущности коммуникативной культуры необходимо проанализировать понятие «общение». Человек – существо социальное, следовательно, его жизнь неразрывно свя-

зана с непрерывным взаимодействием с другими людьми. Общение выступает необходимым условием бытия людей, без которого невозможно полноценное формирование не только отдельных психических функций, процессов и свойств человека, но и личности в целом [1, 2]. Один из создателей деятельностного подхода в психологии С.Л. Рубинштейн рассматривает общение как понимание людьми друг друга и трактует его роль как непременное условие успешного взаимодействия людей в их совместной деятельности [3].

Общение пронизывает всю жизнь человека, и можно сделать вывод о его важности как для социализации человека в целом, так и для становления его как профессионала (специалиста) в частности. Умение грамотно вести диалог, эффективно взаимодействовать с партнерами по коммуникации, контролировать и оценивать эмоционально-психологический фон общения — важные навыки для построения успешной профессиональной карьеры современного инженера. Иначе говоря, формирование коммуникативной культуры представляет собой важную часть профессиональной подготовки.

Коммуникативная культура является неотъемлемой частью общей культуры. В широком смысле слова культура — это специфическая, генетически не передаваемая совокупность средств, способов, форм, образцов и ориентиров взаимодействия людей со сферой их существования, которые они вырабатывают в совместной жизни для поддержания определенных структур деятельности и общения [4]. С одной стороны, коммуникативная культура реализует определенные, присущие мировой культуре цели и функции, с другой стороны, она позволяет овладеть культурными ценностями; на основе этого человек сможет участвовать в создании культуры и построении культурного и гуманного общества.

Коммуникативная культура — это базовый компонент и основа общей культуры личности, обеспечивающий ее готовность к жизненному самоопределению, являющийся условием достижения гармонии с собой и окружающей действительностью.

Коммуникативная культура позволяет создавать внутренний мир личности, отражающий жизненные идеалы. Ее можно рассматривать и как совокупность культурообразующих компонентов, к которым относятся:

- эмоциональная культура, представляющая собой адекватное реагирование на окружающую действительность;
- культура мышления, предстающая в виде специфических форм познавательной деятельности;
- культура речи.

Коммуникативная культура является важным приоритетом профессиональной подготовки будущего специалиста, представляя собой совокупность умений и навыков, обеспечивающих доброжелательное взаимодействие людей, эффективное решение всевозможных задач общения. Она состоит из коммуникативной грамотности, предполагающей овладение психологическими и нравственными знаниями (фактами, представлениями, понятиями, нравственными законами, ценностями и т.д.), умениями, правилами и нормативами в сфере общения, проявляющимися в кругозоре, общей эрудиции, способности к позитивному размышлению и поискам выхода из сложившихся ситуаций, а также коммуникативной этики [5].

В основе коммуникативной культуры лежат общепринятые нравственные требования к общению, неразрывно связанные с признанием неповторимости, ценности каждой личности, такие как вежливость, корректность, тактичность, скромность, точность, предупредительность.

Как уже было отмечено, важной составляющей коммуникативной культуры является культура речи. Культурой речи важно владеть всем, кто по роду своей деятельности связан с людьми, организует и направляет их работу, ведет деловые переговоры, оказывает людям различные услуги. Культура речи предполагает, прежде всего, правильность речи, т.е. соблюдение норм литературного языка, которые воспринимаются его носителями в качестве идеала или образца.

Коммуникативную культуру студентов технического вуза можно разделить на три уровня: высокую, среднюю и низкую.

Высокий уровень коммуникативной культуры характеризуется сильной потребностью в общении; желанием быть в центре внимания; умением следить за собой, управлять выражением своих эмоций; умением слушать партнеров по общению.

Студенты среднего уровня не всегда легко входят в контакт с другими людьми, проявляют недостаточное внимание к партнеру, иногда теряют самообладание.

Низкий уровень коммуникативной культуры характеризуется замкнутостью, неразговорчивостью, отсутствием стремления к межличностной коммуникации; частым использованием неэффективных вербальных и невербальных средств в обшении.

С учетом всего вышесказанного коммуникативную культуру студентов технического вуза можно определить как комплекс сформированных знаний, норм, ценностей, навыков, мотивов, образцов поведения, принятых в обществе, и умение органично, естественно, непринужденно реализовывать их в общении, контролировать и регулировать свое речевое поведение, грамотно аргументировать свою позицию, продуктивно сотрудничать с помощью вербальных и невербальных средств общения в процессе решения профессиональных задач.

Подводя итог, следует еще раз отметить, что переход к информационному обществу в условиях интеграции наук и диалога культур ставит перед высшей школой задачу подготовки творческого, активного, свободного человека, ориентированного не только на высокие собственные достижения, но и на общий успех окружающих его людей, организаций и сообществ. Необходимым условием продуктивной профессиональной деятельности будущего специалиста является овладение профессиональной компетентностью, важнейшей составляющей которой выступает коммуникативная культура.

- 1. *Даниленко О. И.* Методологические проблемы изучения культуры общения / О. И. Даниленко // Методология и методы исследования культуры. Л., 1984. С. 79–84.
- 2. *Лунева О. В.* Общение / О. В. Лунева // Знание. Понимание. Умение. 2005. № 4. С. 157–159.
- 3. *Рубинштейн С. Л.* Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн. 2-е изд. СПб. : Питер, 2002. 720 с.
- 4. *Мудрик А. В.* Общение в процессе воспитания : учеб. пособие / А. В. Мудрик. М. : Пед. о-во России, 2001. 215 с.
- 5. *Проблемы* формирования информационно-коммуникативной компетентности выпускника университета начала 21 века: материалы Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. В. В. Маланина. Пермь: Изд-во ПГУ, 2007. 549 с.