

ISSN 1815-5987



НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
(СИБСТРИН)

# ТРУДЫ НГАСУ

Т. 22, № 2 (72)

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
(СИБСТРИН)



[WWW.SIBSTRIN.RU](http://WWW.SIBSTRIN.RU)

2019

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)**

# **ТРУДЫ НГАСУ**

**Т. 22, № 2 (72)**

**НОВОСИБИРСК 2019**



## НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)

### Перечень услуг:

- проектирование и расчет: строительных конструкций, оснований и фундаментов, зданий и сооружений любой сложности и назначения, дополнительных этажей и новых объемов, инженерных сетей, предприятий водоподготовки, водоотведения, пневматических ручных и навесных машин ударного действия на любые параметры;
- комплексные натурные исследования оснований, фундаментов, надземных несущих и ограждающих конструкций, разработка рабочей документации по реконструкции и обеспечению дальнейшей надежной и безопасной эксплуатации зданий и сооружений;
- разработка градостроительной документации (генеральных планов, проектов планировки, проектов застройки), выполнение проектов интерьеров зданий, предметной среды, ландшафтного дизайна;
- геодезические работы – съемку подземных, наземных и надземных сооружений, создание специальных геодезических сетей на строительной площадке, геодезический контроль точности выполнения строительных работ, определение осадок и кренов зданий и сооружений;
- разработка мероприятий и технической документации по улучшению акустических характеристик концертных залов, студий, общественных и офисных помещений;
- проведение экспертизы проектной и проектно-сметной документации, качества выполнения строительных работ;
- выявление новых возможностей предприятия в условиях конкуренции, разработка деловых (хозяйственных), экологических паспортов предприятий, бизнес-планов инвестиционных проектов;
- обследование предприятий на соответствие международным стандартам ИСО серии 9000, осуществление подготовки организаций к сертификации; проведение социологических исследований;
- разработка программного обеспечения для решения инженерных задач;
- консультации по вопросам ценообразования и сметного дела, совершенствования управления предприятием, залогового и ипотечного кредитования;
- обучение по всем видам деятельности юрисдикции Госстроя.

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

**E-mail: [ntio@sibstrin.ru](mailto:ntio@sibstrin.ru)**

**Internet: [nauka.sibstrin.ru/trudy/](http://nauka.sibstrin.ru/trudy/)**

**Телефоны: (383) 266-28-39, 266-25-27**

**Факс: (383) 266-40-94**

**ТРУДЫ НГАСУ.** – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2019. – Т. 22, № 2 (72). – 164 с.

### **Редакционная коллегия**

**Главный редактор** – д-р техн. наук, профессор, чл.-кор. РААСН  
Ю.Л. Сколубович

**Заместитель главного редактора** – д-р физ.-мат. наук, профессор  
В.Я. Рудяк

### **Заместители главного редактора по направлениям:**

д-р техн. наук, профессор Л.В. Ильина,  
д-р ист. наук, профессор Ю.И. Казанцев,  
д-р техн. наук, профессор В.М. Митасов,  
д-р физ.-мат. наук, профессор М.С. Соппа

**Ученый секретарь:** У.А. Апарина

### **Члены редколлегии:**

д-р техн. наук, профессор В.В. Адищев,  
д-р физ.-мат. наук, профессор С.М. Аульченко,  
д-р физ.-мат. наук, профессор Ю.Е. Воскобойников,  
д-р техн. наук, профессор Г.И. Гребенюк,  
д-р техн. наук, профессор В.В. Дегтярёв,  
д-р техн. наук, профессор В.Н. Зырянова,  
д-р экон. наук, профессор Т.В. Федорович,  
д-р техн. наук, профессор В.В. Молодин,  
д-р физ.-мат. наук, профессор Ю.В. Немировский,  
д-р ист. наук, доцент Л.К. Островский,  
д-р ист. наук, профессор А.Г. Туманик

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

#### **Боева В.А.**

Предфильтрация шумов в задачах идентификации:  
статистические свойства ..... 5

#### **Рудяк В.Я., Третьяков Д.С.**

Вязкость и реология раствора поливинилпирролидона  
в этиленгликоле ..... 19

### АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

#### **Абраменков Э.А., Хомяков Р.Е.**

Методика графогеометрического построения  
конструктивной схемы пневмоударного механизма  
по известной индикаторной диаграмме давления воздуха  
в рабочих камерах ..... 31

#### **Борисова А.В., Смолина О.О.**

Комплексный подход к озеленению автомагистралей  
и микрорайонов ..... 39

#### **Герасимов В.В., Улитко Е.В., Черниченко А.В.**

Организационно-экономическая безопасность  
реструктуризации предприятий  
жилищного комплекса ..... 52

#### **Дорофеева А.А.**

Санитарно-экологический анализ территории  
города Новосибирска ..... 60

#### **Зайцев А.В., Виноградов А.Б.**

Организационно-технологические показатели  
эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочных  
машин непрерывно-циклического действия ..... 74

<b>Карелин Д.В., Куриленко А.Г.</b>	
Функциональная классификация и практики развития подземной урбанистики .....	84
<b>Карелин Д.В., Цехоцкая А.А.</b>	
Критерии оценки качества развития застроенных территорий.....	95
<b>Кузнецова К.С., Кузнецов С.М., Виноградов А.Б.</b>	
Формирование ресурсосберегающих комплексов машин.....	108
<b>Маньшин А.Г., Молчанов В.С., Капкайкин В.Ю.</b>	
Оценка технического состояния конструкций малоэтажного жилого дома с использованием георадарной технологии .....	116
<b>Наволоцкая А.В., Ховрина А.Е.</b>	
Современный опыт территориального планирования за рубежом (на примере Италии) .....	125
<b>Радько Т.А., Титов М.М.</b>	
Проектирование технологии зимнего бетонирования с использованием теории подобия.....	134
<b>Черниченко А.А., Герасимов В.В., Улитко Е.В., Клещевникова Н.А.</b>	
Организационная надежность реконструкции объектов жилищного комплекса .....	146
<b>Эсаулов В.В., Кандаурова Н.М.</b>	
Влияние профиля свай на совместные с грунтовым основанием осадки .....	154

УДК 519.2

## ПРЕДФИЛЬТРАЦИЯ ШУМОВ В ЗАДАЧАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ: СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

**В.А. Боева\***

Для описания модели стационарной системы применяется интегральное уравнение Вольтерра I рода. Задача непараметрической идентификации импульсной характеристики системы поставлена некорректно вследствие неустойчивости получаемого решения по отношению к погрешностям, содержащимся в исходных данных.

Для снижения относительного уровня ошибки регуляризованного решения предлагается проводить предварительную фильтрацию сигналов идентифицируемой системы. В работе представлены исследования, позволяющие наблюдать изменение статистических свойств шума, содержащегося в исходных данных задачи, при проведении предварительной фильтрации с помощью локально-пространственных алгоритмов и алгоритмов вейвлет-фильтрации для нормальных и аномальных измерений.

Ключевые слова: интегральное уравнение Вольтерра I рода, пороговые алгоритмы вейвлет-фильтрации, локально-пространственная фильтрация, комбинированный фильтр, предварительная фильтрация исходных данных задачи идентификации.

### Введение

В качестве модели стационарной динамической системы очень часто выступает интегральное уравнение Вольтерра I рода с разностным ядром вида

$$\int_0^t k(t-\tau)\varphi(\tau)d\tau = f(t), \quad (1)$$

где  $k(\tau)$  – импульсная переходная характеристика (ИПХ) системы (ядро интегрального уравнения (1));  $\varphi(\tau), f(t)$  – входной и выходной сигналы системы соответственно.

---

\* Аспирант кафедры прикладной математики НГАСУ (Сибстрин)

В случае подобной модели задача непараметрической идентификации импульсной характеристики системы  $k(\tau)$  заключается в построении оценки для разностного ядра по зарегистрированным на конечных интервалах значениям входного и выходного сигналов идентифицируемой системы. Такая задача является поставленной некорректно, поскольку нарушается одно из условий корректности по Адамару – полученное решение может оказаться неустойчивым по отношению к погрешностям, содержащимся в исходных данных. Для получения единственного устойчивого приближенного решения применяются различные методы регуляризации.

Уровень ошибки регуляризованного решения зависит от шумов измерения выходного и входного сигналов системы. Очевидно, что проведение предварительной фильтрации сигналов идентифицируемой системы может снизить ошибку регуляризованного решения. В данной работе выполнены исследования статистических свойств «остаточного» шума после проведения предварительной фильтрации исходных данных задачи идентификации двумя классами алгоритмов: алгоритмами вейвлет-фильтрации и алгоритмами локально-пространственной фильтрации.

## 1. Алгоритмы вейвлет-фильтрации

Пороговые алгоритмы вейвлет-фильтрации имеют высокую вычислительную эффективность и позволяют фильтровать шумы различной статистической природы с меньшей по сравнению с Фурье-фильтрацией [1] систематической ошибкой. В алгоритмах вейвлет-фильтрации используется многомасштабное разложение сигнала  $f(t)$  [2]:

$$\hat{f}(t) = \sum_k a_{j_0+J,k} \varphi_{j_0+J,k}(t) + \sum_{j=j_0+1}^{j_0+J} \sum_k d_{j,k} \psi_{j,k}(t), \quad (2)$$

где  $\{\varphi_{j,k}(t)\}$  – масштабирующие, или отцовские функции;  
 $\{\psi_{j,k}(t)\}$  – материнские, или вейвлет-функции;  $j$  – коэффи-

коэффициент масштаба, характеризующий уровень разложения;  $k$  – временной сдвиг той или иной базисной функции;  $J$  – количество уровней разложения, равное максимальному уровню разложения;  $j_0$  – начальный уровень разложения. Коэффициенты разложения  $a_{j,k}$  называют аппроксимирующими, а коэффициенты  $d_{j,k}$  – детализирующими, и они определяются формулами:

$$a_{j,k} = \int_R f(t) \varphi_{j,k}(t) dt, \quad (3)$$

$$d_{j,k} = \int_R f(t) \psi_{j,k}(t) dt, \quad (4)$$

где  $R$  – интервал определения функции  $f(t)$ .

Пороговый алгоритм вейвлет-фильтрации условно включает три этапа:

1. Вычисление прямого дискретного вейвлет-преобразования (нахождение коэффициентов разложения  $\tilde{a}_{j,k}, \tilde{d}_{j,k}$ ) по значениям зашумленного сигнала  $\tilde{f}(t)$ .

2. Обработка зашумленных коэффициентов разложения. Поскольку относительные погрешности аппроксимирующих коэффициентов на порядок и более меньше погрешностей коэффициентов  $\tilde{d}_{j,k}$  [3], то обработке подвергаются только детализирующие коэффициенты  $\tilde{d}_{j,k}$ .

3. Вычисление обратного дискретного вейвлет-преобразования, т.е. нахождение значений отфильтрованной функции (2) с использованием оценок коэффициентов разложения, полученных на предыдущем этапе.

Второй этап приведенного алгоритма определяет качество фильтрации зашумленного сигнала, поскольку именно здесь строятся оценки для неизвестных точных коэффициентов разложения. Большинство используемых алгоритмов являются пороговыми, т.е. в случае, если значение коэффициента разложе-

ния меньше некоторой пороговой величины, он зануляется, если больше – подвергается дальнейшему преобразованию или сохраняется. Как было показано в работах [4, 5], однопараметрическая пороговая функция hyperbole наиболее эффективна для удаления шумов различной статистической природы:

$$T_{HYP}(\tilde{d}_{j,k}, \lambda) = \begin{cases} \text{sign}(\tilde{d}_{j,k}) \cdot \sqrt{\tilde{d}_{j,k}^2 - \lambda^2}, & \text{если } |\tilde{d}_{j,k}| \geq \lambda, \\ 0, & \text{если } |\tilde{d}_{j,k}| < \lambda, \end{cases} \quad (5)$$

где  $\lambda$  – величина порога.

Очевидно, что от выбора величины порога будет зависеть ошибка фильтрации, которую необходимо минимизировать. Из существующих способов выбора оптимальной пороговой величины [5–7] в данной работе используется уровнезависимая пороговая величина

$$\lambda_j = \beta \cdot \sqrt{2 \ln(N_j)}, \quad (6)$$

где  $N_j$  – количество обрабатываемых коэффициентов на  $j$ -ом уровне разложения;  $\beta$  – множитель, от которого зависит ошибка фильтрации. Оценить оптимальное значение этого множителя можно с помощью проверки статистической гипотезы об оптимальности алгоритма вейвлет-фильтрации [8]. Для выбора  $\beta$  используется критерий оптимальности [8], позволяющий достаточно точно оценить оптимальное значение параметра  $\beta$ .

## 2. Алгоритмы локально-пространственной фильтрации

Будем считать, что имеются значения зашумленного случайным шумом  $\eta_j$  с нулевым средним и дисперсией  $\sigma^2$  сигнала  $\tilde{f}_j = f_j + \eta_j, j = 1, \dots, N$ .

*Фильтр скользящего среднего (ФСС).* Фильтр хорошо сглаживает шумы равноточных измерений. Выходной сигнал фильтра скользящего среднего определяется соотношением

$$\hat{f}_j^{\Phi_{CC}} = \text{aver}_K(\tilde{f}_{j-K}, \tilde{f}_{j-K+1}, \dots, \tilde{f}_{j+K}) = \frac{1}{2K+1} \sum_{i=K}^K \tilde{f}_{j+i}, \quad (7)$$

где  $\text{aver}_K$  – функция, вычисляющая среднее значение из  $2K+1$  значений, указанных в скобках;  $K$  – размер апертуры фильтра скользящего среднего.

*Интервальный фильтр скользящего среднего (ИФ)*. Выходной сигнал интервального фильтра скользящего среднего определяется соотношением

$$\hat{f}_j^{\text{ИФ}} = \text{aver}_K(\tilde{f}_i : j-K \leq i \leq j+K, |\tilde{f}_i - \tilde{f}_j| \leq \Delta_f), \quad (8)$$

таким образом, усредняются только значения  $\tilde{f}_i$ , попавшие в интервал  $[\tilde{f}_j - \Delta_f, \tilde{f}_j + \Delta_f]$ . Величина  $\Delta_f$  определяется по правилу «двух сигм». Достоинство интервального усреднения в предотвращении сглаживания контрастных составляющих точного сигнала.

*Медианный фильтр (МФ)*. Выходной сигнал медианного фильтра определяется соотношением

$$\hat{f}_j^{\text{МФ}} = \text{med}_L(\tilde{f}_{j-L}, \tilde{f}_{j-L+1}, \dots, \tilde{f}_j, \dots, \tilde{f}_{j+L}), \quad (9)$$

где  $\text{med}_L$  – функция, вычисляющая медиану из  $2L+1$  значений, указанных в скобках. Медианный фильтр хорошо подходит для импульсных шумов и сохраняет контрастные составляющие в отфильтрованном сигнале.

*Комбинированный фильтр (КФ)*. Представляет собой совокупность МФ и ИФ, работа описывается следующим алгоритмом для  $j \in [1, \dots, N]$ :

1. Построение оценки

$$\hat{f}_j^{\text{МФ}} = \text{med}_L(\tilde{f}_{j-L}, \tilde{f}_{j-L+1}, \dots, \tilde{f}_j, \dots, \tilde{f}_{j+L}).$$

2. Построение оценки

$$\hat{f}_j^{\text{КФ}} = \text{aver}_K(\hat{f}_i^{\text{МФ}} : j-K \leq i \leq j+K, |\hat{f}_i^{\text{МФ}} - \hat{f}_j^{\text{МФ}}| \leq \Delta_f), \quad (10)$$

где  $K, L$  – размер апертур фильтров,  $K \geq L$ . Усреднение на втором этапе происходит только для значений  $\hat{f}_i^{M\Phi}$  из интервала  $[\hat{f}_j^{M\Phi} - \Delta_f, \hat{f}_i^{M\Phi} + \Delta_f]$ , что предотвращает сглаживание контрастных составляющих точного сигнала. КФ объединяет в себе достоинства всех приведенных выше фильтров, устраняя импульсные шумы и успешно сглаживая однородные.

### 3. Результаты вычислительных экспериментов

Чтобы установить, как предварительная фильтрация сигналов идентифицируемой системы повлияет на изменение статистических свойств шума, была проведена серия вычислительных экспериментов с алгоритмами вейвлет-фильтрации и локально-пространственными алгоритмами. Из всех описанных в статье алгоритмов локально-пространственной фильтрации был выбран комбинированный фильтр как дающий наименьший уровень «остаточного» шума.

В качестве импульсной переходной функции идентифицируемой системы бралась «колебательная» ИПХ, представленная на рис. 1. Вычислительный эксперимент проводился в условиях: а) нормальных измерений (НИ), когда исходные данные задачи искажались белым шумом с заданным уровнем  $\delta_n$ , характеризующимся одинаковой для всех отсчетов дисперсией  $\sigma_n$ , нулевым математическим ожиданием и некоррелированностью отсчетов между собой; б) аномальных измерений (АИ), когда исходные данные задачи искажались, помимо белого шума, импульсными шумами с заданной вероятностью  $P$  (в эксперименте  $P = 0.05$ ), превосходящими по уровню  $\sigma_n^2$  в  $10^4$  раз.

Вид зашумленного выходного сигнала системы для случая НИ представлен на рис. 2, для случая АИ – на рис. 3. Количество отсчетов  $k(\tau_j)$   $N_k = 157$ , количество отсчетов входного сигнала  $\varphi(\tau_j)$   $N_\varphi = 100$ ,  $N_f = N_\varphi + N_k - 1 = 256$ . Шаг дискретизации  $\Delta_t = 0.022$ .

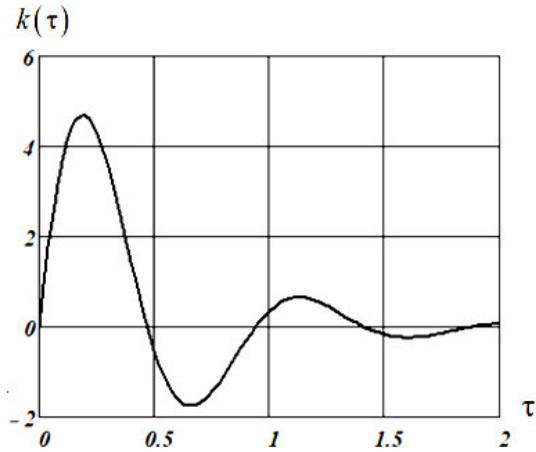


Рис. 1. ИПХ  $k(\tau)$

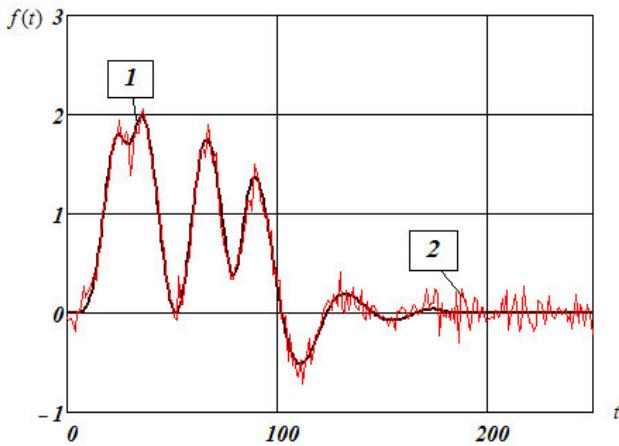


Рис. 2. Выходной сигнал системы  $f(t)$  в случае НИ  $f_{\eta}(t)$  :  
 кривая 1 – точный выходной сигнал системы  $f(t)$  ;  
 кривая 2 – зашумленный выходной сигнал системы  $f_{\eta}(t)$

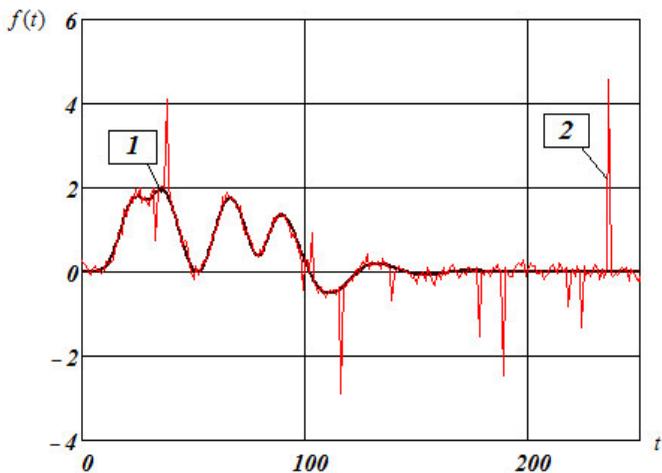


Рис. 3. Выходной сигнал системы  $f(t)$  в случае АИ:  
 кривая 1 – точный выходной сигнал системы  $f(t)$  ;  
 кривая 2 – зашумленный выходной сигнал системы  $f_{\eta}(t)$

В таблице представлены для сравнения значения уровней остаточного шума после проведения вейвлет-фильтрации и локально-пространственной фильтрации с помощью комбинированного фильтра в случае нормальных измерений и аномальных измерений для разных уровней исходного шума. Все значения являются средними по выборке объемом  $N_{sam} = 30$ .

Уровень шума, $\delta_f$	Уровень остаточного шума, $\delta_\lambda$			
	Вейвлет-фильтрация		КФ	
	НИ	АИ	НИ	АИ
0.01	0.012	0.038	$9.435 \cdot 10^{-3}$	0.011
0.02	0.019	0.055	0.015	0.021
0.05	0.060	0.191	0.030	0.032
0.10	0.085	0.507	0.052	0.065
0.15	0.130	0.910	0.084	0.088

Для того, чтобы оценить характер изменения статистических свойств «остаточного» шума, в ходе вычислительного эксперимента также выполнялись построения спектров исходного и остаточного шумов после вейвлет-фильтрации и после обработки комбинированным фильтром соответственно (рис. 4, 7: прямые 1 – дисперсии шума, кривые 2 – спектры исходного шума, кривые 3 – спектры «остаточного» шума после вейвлет-фильтрации; рис. 5, 8: прямые 1 – дисперсии шума, кривые 2 – спектры исходного шума, кривые 3 – спектры «остаточного» шума после локально-пространственной фильтрации комбинированным фильтром), а также автокорреляционных функций (рис. 6, 9: кривые 1 – автокорреляционные функции исходного сигнала, кривые 2 – автокорреляционные функции сигнала после вейвлет-фильтрации, кривые 3 – автокорреляционные функции сигнала после локально-пространственной фильтрации комбинированным фильтром). Значение дисперсии  $\sigma_{\eta} = 8.537 \cdot 10^{-5}$ , исходный уровень шума  $\delta_{\eta} = 0.15$ .

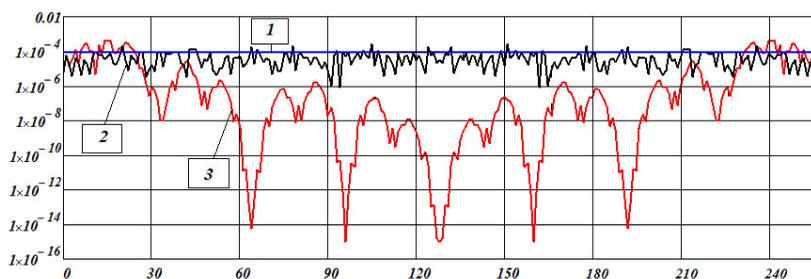


Рис. 4. Спектр остаточного шума после вейвлет-фильтрации (НИ)

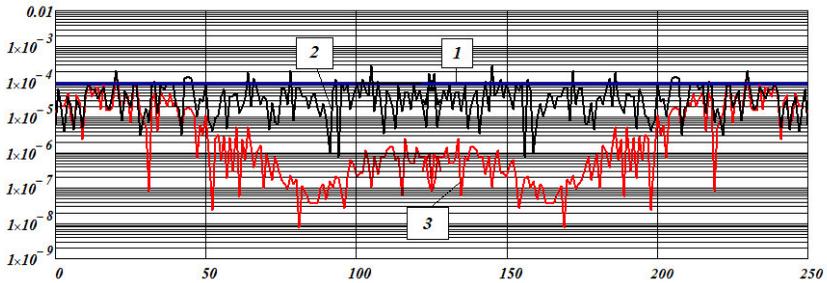


Рис. 5. Спектр остаточного шума после фильтрации КФ (НИ)

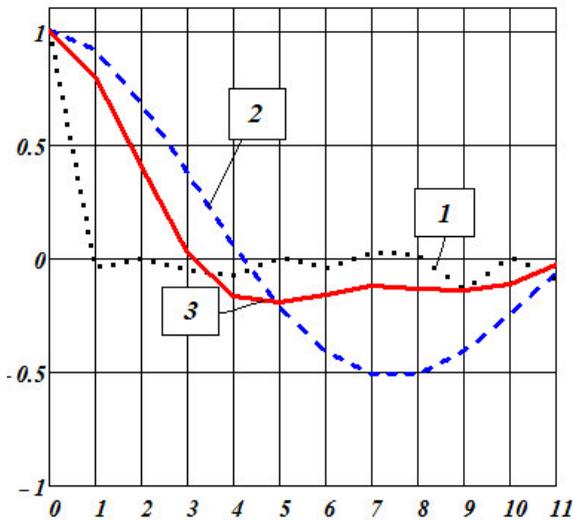


Рис. 6. Автокорреляционные кривые шумов (НИ)

По анализу данных из таблицы можно заключить, что в случае нормальных измерений предварительная фильтрация исходных данных динамической системы снижает уровень «остаточного» шума, причем лучше работают алгоритмы локально-пространственной фильтрации – они позволяют понизить уровень «остаточного» шума почти в 2 раза, в то время как алго-

ритмы вейвлет-фильтрации дают незначительный эффект. Однако необходимо учитывать, что в обоих случаях спектр исходного белого шума становится «цветным» (см. рис. 4, 5), с существенной корреляцией между соседними отсчетами (см. рис. 6). Как видно, мощность шума перемещается в область низких частот, что негативно сказывается при поиске регуляризованных решений, увеличивая величину относительной ошибки идентификации.

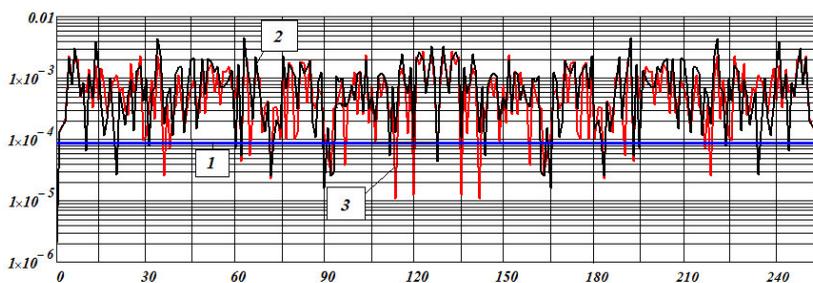


Рис. 7. Спектр остаточного шума после вейвлет-фильтрации (АИ)

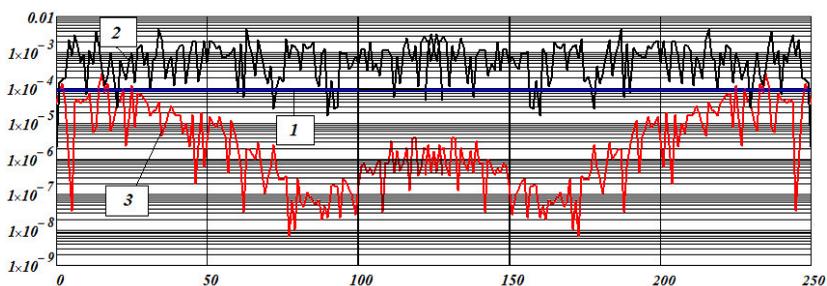


Рис. 8. Спектр остаточного шума после фильтрации КФ (АИ)

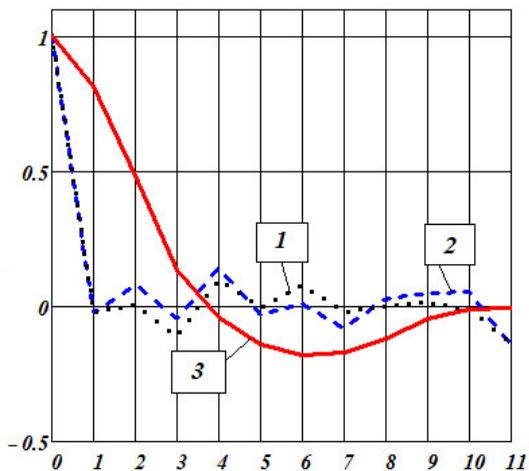


Рис. 9. Автокорреляционные кривые шумов (АИ)

Теперь обратимся к модели аномальных измерений. Как видно на рис. 7, спектр «остаточного» шума после вейвлет-фильтрации также остается белым, причем после предварительной фильтрации шум некоррелирован (рис. 9). Однако, если сравнить уровень «остаточного» шума с уровнем исходного шума в таблице, становится очевидным, что алгоритмы вейвлет-фильтрации не справляются с импульсными шумами, вызывая увеличение уровня «остаточного» шума в 4–8 раз. В то же время комбинированный фильтр по-прежнему дает неплохие результаты и успешно борется с импульсными шумами: уровень «остаточного» шума снижается примерно в 1,5 раза, но спектр шума снова переходит в область низких частот (рис. 8), становясь «цветным», с существенной корреляцией между отсчетами остаточного шума (рис. 9).

Проведенный анализ результатов вычислительных экспериментов показал, что методы локально-пространственной фильтрации при соответствующем выборе апертуры хорошо справляются с предварительной фильтрацией сигналов идентифицируемой системы, снижая уровень «остаточного» шума примерно в 2 раза в случае нормальных измерений и в 1,5 раза –

в случае аномальных. Однако такой «остаточный» шум характеризуется существенной корреляцией между отсчетами, а его спектр становится «цветным», и, как показано в работе [9], при прочих равных условиях «цветной» шум может увеличить общую относительную ошибку решения. При наличии импульсных шумов в исходных сигналах идентифицируемой системы предварительная вейвлет-фильтрация не подходит, поскольку увеличивает уровень «остаточного» шума в несколько раз.

Обобщая результаты работы, можно рекомендовать предварительную фильтрацию исходных сигналов системы в случае аномальных измерений (импульсные шумы). В случае нормальных измерений вопрос целесообразности проведения предварительной фильтрации исходных сигналов идентифицируемой системы должен исследоваться дополнительно для каждой задачи при наличии конкретных данных о характеристиках и свойствах системы и будет зависеть от гладкости идентифицируемой ИПХ и определяться конечной целью исследования.

### Список литературы

1. *Воскобойников, Ю. Е. Крысов, Д. А.* Исследование потенциальной точности пороговых алгоритмов вейвлет-фильтрации шумов различной статистической природы // Автоматика и программная инженерия. – 2016. – № 4 (18). – С. 67–76.
2. *Mallat, S.* Multiresolution approximation and wavelet orthonormal bases of  $L^2(\mathbb{R})$  // Trans. AMS. – 1989. – Vol. 315, № 1. – P. 69–87.
3. *Mallat, S.* A theory of multiresolution signal decomposition: the wavelet representation // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. – 1989. – Vol. 11, № 9. – P. 674–693.
4. *Воскобойников, Ю. Е.* Вейвлет-фильтрация сигналов и изображений (с примерами в MathCAD) : монография. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2015. – 188 с.
5. *Воскобойников, Ю. Е., Крысов, Д. А.* Выбор наилучшей однопараметрической пороговой функции в алгоритмах вейвлет-фильтрации // Сб. науч. трудов НГТУ. – 2016. – № 3 (85). – С. 71–82.

6. *Vidakovic, B.* Statistical modeling by wavelets. Wiley series in probability and statistics. – John Wiley & Sons Inc., 1999. – 365 p.
7. *Воскобойников, Ю. Е., Гочаков, А. В., Колкер, А. Б.* Фильтрация сигналов и изображений: Фурье и вейвлет алгоритмы : монография. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2010. – 188 с.
8. *Voskoboynikov, Yu. E., Gochakov, A. V.* Estimating optimum threshold sizes in a wavelet-filtration algorithms // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. – 2011. – Vol. 47, № 2. – P. 3–14.
9. *Воскобойников, Ю. Е., Боева, В. А.* Исследование эффективности предфильтрации выходного сигнала при непараметрической идентификации // Автоматика и программная инженерия. – 2018. – № 4 (26). – С. 67–76.

## **ВЯЗКОСТЬ И РЕОЛОГИЯ РАСТВОРА ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОНА В ЭТИЛЕНГЛИКОЛЕ**

**В.Я. Рудяк<sup>\*</sup>, Д.С. Третьяков<sup>\*\*</sup>**

Работа посвящена экспериментальному изучению на вязкость раствора поливинилпирролидона (ПВП) в этиленгликоле концентрации, в зависимости от полимера, температуры и времени его ультразвуковой обработки. Установлено, что во всех случаях раствор этиленгликоля и ПВП является ньютоновской жидкостью. Добавление в этиленгликоль ПВП существенно увеличивает вязкость полученного раствора, и эта вязкость линейно растет с увеличением массовой концентрации ПВП. С другой стороны, ультразвуковая обработка раствора приводит к снижению его вязкости, и это снижение тем выше, чем больше подводимая мощность. При рассмотренных низких весовых концентрациях ПВП (до 4 %), зависимость вязкости раствора от температуры определяется соответствующей зависимостью этиленгликоля.

Ключевые слова: поверхностно активные вещества, дисперсант, вязкость, реология, наножидкость.

### **Введение**

Интерес к наножидкостям последние четверть века непрерывно растет. В настоящее время систематически изучены многие теплофизические свойства наножидкостей со сферическими частицами. Оказалось, что эти свойства не описываются классическими теориями (см., например, [1, 2] и цитируемую там литературу). Вместе с тем на практике нередко встречаются жидкости с несферическими частицами. Наиболее типичными такими наножидкостями являются дисперсные флюиды с углеродными нанотрубками (УНТ), которые представляют собой свернутые в цилиндр листы графена. УНТ обладают исключительными механическими, электрическими и термическими свойствами [3]. Обычно для практического применения УНТ должны

---

<sup>\*</sup> Д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической механики НГАСУ (Сибстрин), профессор кафедры нанокompозитных материалов НГУ

<sup>\*\*</sup> Магистрант НГУ, научный сотрудник OCSiAl

быть диспергированы в жидкости. В качестве базовой жидкости могут использоваться вода, этиленгликоль, различные масла и т.д. Уникальные свойства УНТ делают естественным ожидание и особых свойств у соответствующих наножидкостей.

Возможные и уже использующиеся практические применения таких наножидкостей инициировали многочисленные работы по изучению их теплофизических свойств [4–10]. Однако структура данных наножидкостей существенно отличается от структуры флюидов со сферическими частицами. УНТ существенно неоднородные образования. Их диаметр порядка нанометров или даже нанометра, тогда как длина меняется от десятков до сотен нанометров (или больше). Поэтому даже при сравнительно малых концентрациях УНТ активно взаимодействуют друг с другом в среде, образуя большие конгломераты. Чтобы сделать соответствующую наножидкость максимально однородной, используют, с одной стороны, различные поверхностно активные вещества (дисперсанты), а с другой, подвергают наножидкость ультразвуковой обработке. В качестве поверхностно активного вещества часто используют различные полимеры. Но они в свою очередь могут существенно изменять теплофизические свойства соответствующих наножидкостей. Недостатком многих известных в литературе работ по изучению свойств наножидкостей с УНТ является отсутствие контроля за концентрацией используемых поверхностно активных веществ, влияния их на реологию и теплофизические свойства наножидкостей.

При приготовлении наножидкостей с одностенными нанотрубками (ОУНТ) в качестве поверхностно активного вещества нередко используется поливинилпирролидон  $(C_6H_9NO)_n$  [11, 12]. Поскольку нашей задачей является систематическое исследование теплофизических свойств наножидкостей на основе этиленгликоля (ЭГ) с ОУНТ при использовании в качестве дисперсанта ПВП, то в качестве первого шага необходимо было изучить свойства раствора ЭГ с ПВП. Это и являлось целью данной работы. Изучены вязкость и реология раствора ЭГ+ПВП, влияние температуры и ультразвуковой обработки. Массовая концентрация  $w$  ПВП менялась от 0,05 до 4 %.

В качестве базового флюида использовался этиленгликоль ГОСТ 10164-75. Для измерения массы компонентов раствора применялись полумикровесы САРТОГОСМ МВ 210-А, дискретность которых в диапазоне до 80 г составляет 0,00001 г. Механическое перемешивание смеси выполнялось с помощью диспергатора ИКА Т18. Каждый раствор перемешивался в течение 10 мин при угловой скорости ротора 8000 об/мин. Ультразвуковая обработка раствора выполнялась посредством диспергатора УЗТА-0,4/22-ОМ с максимальной мощностью 400 Вт и частотой ультразвуковых колебаний  $22 \pm 1,65$  КГц.

Вязкость и реология жидкостей изучались с помощью ротационного вискозиметра Brookfield DV3RV с шпинделем UL. Тестирование, проведенное на измерении вязкости этиленгликоля и ее зависимости от температуры, показало, что точность измерения коэффициента вязкости около 2 %. Измерения проводились при фиксированной температуре, которая изменялась от 20 до 40 °С. Каждое измерение повторялось 3 раза и затем определялось среднее значение.

### **1. Зависимость вязкости и реологии растворов от концентрации ПВП**

Проведено 6 серий экспериментов по измерению коэффициента вязкости  $\mu$  растворов этиленгликоля с разной концентрацией ПВП (от 0,2 до 4 %) при варьировании скорости вращения ротора вискозиметра. Измерения проводились при температуре 25 °С. Полученные значения коэффициента вязкости представлены в табл. 1. Здесь коэффициент вязкости измеряется в сП, а число оборотов ротора  $n$  – об/мин.

Анализ данных табл. 1 показывает, что с высокой точностью коэффициент вязкости как чистого этиленгликоля, так и всех растворов ЭГ+ПВП практически не зависит от скорости вращения шпинделя, а значит, и от скорости сдвига. Таким образом данные жидкости являются ньютоновскими. Действительно, как видно из рис. 1, напряжение сдвига  $\tau$  линейно зависит от скорости сдвига  $\dot{\gamma}$ , что и характерно для ньютоновских жидкостей.

Таблица 1

Зависимость коэффициента вязкости раствора ЭГ+ПВП  
от скорости сдвига при разной концентрации ПВП

$\mu$ \ n	10	20	50	100	150	200	250
4 %	42,03	42,35	41,73	41,6	41,66	–	–
2 %	27,3	27,2	26,88	26,98	27,08	27,15	–
1 %	21,33	21,12	21,03	20,91	21,05	21,13	21,18
0,80 %	20,48	20,16	20,06	20,03	20,11	20,18	20,23
0,40 %	18,77	18,77	18,77	18,76	18,73	18,76	18,80
0,20 %	17,49	17,39	17,37	17,38	17,41	17,46	17,50
0 %	16,64	16,64	16,81	16,5	16,64	16,48	16,64

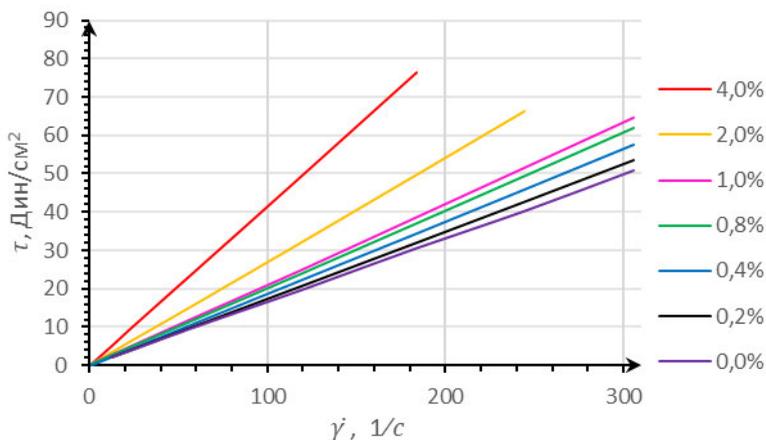


Рис. 1. Зависимость напряжения сдвига раствора ЭГ+ПВП  
от скорости сдвига при различных концентрациях ПВП

Таблица 2

Средние значения коэффициента вязкости раствора ЭГ+ПВП  
при различных весовых концентрациях ПВП

ПВП	0 %	0,2 %	0,4 %	0,8 %	1 %	2 %	4 %
$\mu$ , сП	16,62	17,42	18,76	20,12	21,06	27,02	41,66

В табл. 2 приведены средние значения коэффициента вязкости раствора ЭГ+ПВП при различных весовых концентрациях ПВП, полученные усреднением данных табл. 1. Зависимость  $\mu$  от концентрации ПВП оказывается линейной (рис. 2) и хорошо описывается корреляцией

$$\mu = 16,5 + 6,2w. \quad (1)$$

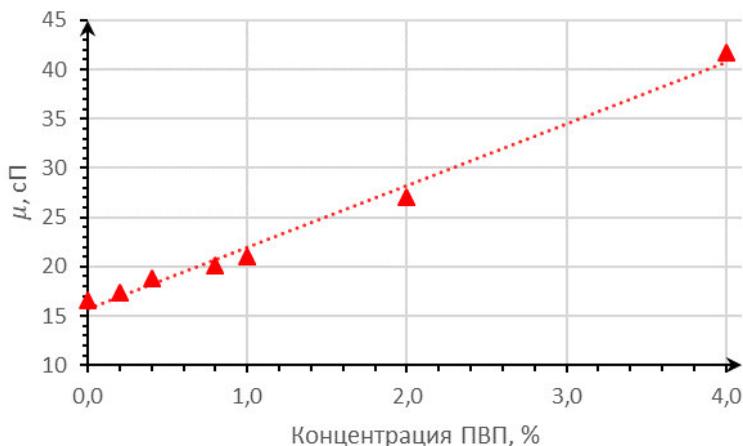


Рис. 2. Зависимость коэффициента вязкости растворов ЭГ+ПВП от концентрации ПВП

Раствор ЭГ с максимальной концентрацией ПВП (4 %) превышает вязкость чистого ЭГ в 2,5 раза. Тем не менее это ньютоновская жидкость.

## 2. Влияние ультразвуковой обработки

Активное взаимодействие УНТ приводит к образованию их конгломератов. В результате распределение УНТ в дисперсии оказывается крайне неоднородным, что существенно меняет ее физико-механические свойства. Как уже указывалось, стандартными способами создания более однородных дисперсий и борьбы с конгломератами является использование различных дисперсантов и последующая ультразвуковая обработка (УЗО) полученных так суспензий. Для того, чтобы УЗО была эффектив-

на, приходится закачивать в суспензию достаточно высокие энергии. Это слабо влияет на структуру простых жидкостей, которые обычно используются в качестве базовых. Однако в качестве дисперсантов обычно используются различные полимеры, имеющие сложное строение и нередко достаточно слабо связанные те или иные группы. Такие полимеры под воздействием УЗО могут существенно менять свою структуру, а значит, и структуру всего базового флюида. Этот факт давно установлен [13–16]. Естественно, что поэтому необходимо изучить вязкость и реологию базового флюида после УЗО, варьируя при этом подводимую для обработки энергию. Этому и посвящен данный раздел.

Данные по измерению коэффициента вязкости раствора ЭГ+ПВП после УЗО приведены в табл. 3. В процессе экспериментов варьировалась весовая концентрация ПВП (от 0,4 до 4 %), а время и мощность ультразвуковой обработки подобраны из расчета передачи жидкости 1 кВ·ч/л. Здесь, как и раньше, коэффициент вязкости измерялся в сП, а число оборотов шпинделя – в об/мин. Измерения выполнены при температуре 25 °С.

Таблица 3

Зависимость коэффициента вязкости раствора ЭГ+ПВП  
от скорости вращения шпинделя после УЗО

$\mu$ \ n	10	20	50	100	150	200	250
4 %	37,33	37,44	36,99	36,95	36,99	–	–
2 %	26,03	25,71	25,51	25,52	25,51	25,57	–
1 %	20,69	20,48	20,35	20,27	20,25	20,27	20,33
0,8 %	19,63	19,41	19,37	19,28	19,40	19,42	19,46
0,4 %	18,35	18,13	18,22	17,96	18,13	18,14	18,18
0 %	16,64	16,64	16,81	16,5	16,64	16,48	16,64

Установлено, что исследуемые растворы и после УЗО оказываются ньютоновскими. Однако вязкость растворов после УЗО оказалась ниже, чем у растворов, не подвергавшихся УЗО. Это наглядно демонстрирует рис. 3. Вязкость раствора и при

наличии УЗО растет линейно с увеличением концентрации ПВП, причем различие между вязкостью двух растворов (без и с УЗО) тем больше, чем выше концентрация ПВП. При максимальной концентрации ПВП (4 %) это различие превышает 10 %.

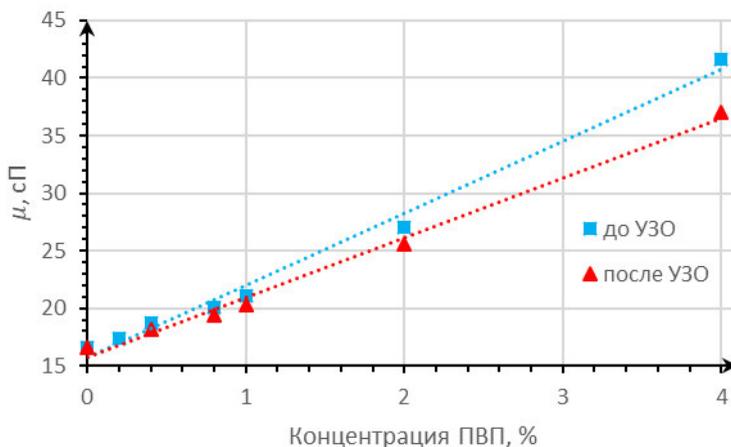


Рис. 3. Сопоставление вязкости растворов ЭГ+ПВП с (красные метки) и без (синие метки) УЗО

Таблица 4  
Зависимость коэффициента вязкости растворов ЭГ+ПВП от мощности УЗО при различных концентрациях ПВП

$w$	$\mu$	$N$	$w$	$\mu$	$N$
0,1 %	17,25	1500	1 %	21,16	1500
0,1 %	17,29	1000	1 %	21,27	1000
0,1 %	17,35	500	1 %	21,45	500
0,4 %	18,38	1500	4 %	36,98	4480
0,4 %	18,48	1000	4 %	38,43	2800
0,4 %	18,59	500	4 %	40,15	1120

Поскольку было показано, что УЗО существенно меняет вязкость растворов, было необходимо понять, как подводимая

мощность  $N$  влияет на величину вязкости. Концентрация ПВП варьировалась от 0,1 до 4 %, а подводимая мощность – от 500 до 4800 кВт·ч/л. Полученные данные измерений приведены в табл. 4.

Проведенные измерения показали, что при массовых концентрациях ПВП 0,1, 0,4 и 1 % коэффициент вязкости меняется в пределах 1 %, но во всех случаях имеет место систематическое уменьшение вязкости с увеличением подводимой мощности. Это указывает на деградацию ПВП даже при низкой его концентрации. Эта деградация особенно хорошо видна при максимальной концентрации ПВП. Здесь при максимальной мощности коэффициент вязкости изменяется примерно на 8 %. Важно подчеркнуть, что в изученном диапазоне подводимой мощности вязкость раствора падает линейно с увеличением мощности. Кроме того, при рассматриваемых небольших концентрациях ПВП (это связано с тем, что предполагаемые концентрации УНТ также будут небольшими) коэффициент пропорциональности растет линейно с их увеличением.

### **3. Влияние температуры на вязкость растворов**

Для изучения влияния температуры было исследовано три раствора различной концентрации: чистый ЭГ и растворы ЭГ+0,4 %ПВП; ЭГ+1 %ПВП. Вязкость и реология каждого раствора были изучены при 25, 30 и 40 °С. В табл. 5 представлены результаты экспериментов. Прежде всего можно констатировать, что во всех случаях изученные растворы имели ньютоновскую реологию. Вязкость и этиленгликоля, и растворов ЭГ+ПВП с ростом температуры уменьшается. Однако при рассматриваемых концентрациях ПВП относительный коэффициент вязкости раствора  $\mu_r = \mu/\mu_{EG}$  не зависит от температуры, в пределах точности измерения он постоянный. Это означает, что при данных концентрациях ПВП зависимость вязкости рассматриваемых растворов от температуры определяется соответствующей зависимостью этиленгликоля.

Таблица 5

Зависимость коэффициента вязкости растворов ЭГ+ПВП  
при различных концентрациях ПВП,  
температурах и числе оборотов шпинделя

$w, T$		$n$					
		20	50	100	150	200	250
0 %, 25 °С	$\mu$	9,52	9,73	9,82	9,92	9,98	10,04
0 %, 30 °С	$\mu$	13,92	14,21	14,07	14,08	14,15	14,22
0 %, 40 °С	$\mu$	16,64	16,81	16,92	16,99	17,05	17,11
0,4 %, 25 °С	$\mu$	18,13	18,22	17,96	18,13	18,14	18,18
0,4 %, 30 °С	$\mu$	14,61	14,85	14,93	15,02	15,06	15,12
0,4 %, 40 °С	$\mu$	10,13	10,84	10,56	10,69	10,72	10,73
1 %, 25 °С	$\mu$	20,48	20,35	20,27	20,25	20,27	20,33
1 %, 30 °С	$\mu$	16,43	16,38	16,51	16,58	16,57	16,62
1 %, 40 °С	$\mu$	11,41	11,44	11,54	11,59	11,71	11,72

### Заключение

Сформулируем основные полученные результаты. Прежде всего показано, что все рассматриваемые растворы являются ньютоновскими жидкостями. Однако добавление в этиленгликоль ПВП существенно увеличивает вязкость получаемого раствора. Это увеличение хорошо описывается уравнением (1), и при четырехпроцентной концентрации ПВП вязкость полученного раствора в 2,5 раза превышает вязкость чистого этиленгликоля.

Наличие ультразвуковой обработки приводит к деградации ПВП, что сказывается и на вязкости соответствующего раствора ЭГ+ПВП. Механизмы деградации ПВП в данной работе не изучались, но, конечно, это совершенно необходимо в дальнейшем. Важно подчеркнуть, что степень деградации ПВП растет также практически линейно с вкачиваемой в раствор мощностью.

Деградация ПВП приводит к уменьшению вязкости раствора. Имея в виду будущие приложения ПВП, необходимо понять, насколько деградация ПВП при УЗО снижает эффективность

разрушения конгломератов УНТ. Время жизни наножидкостей и дисперсий с УНТ является важнейшей их характеристикой. Обычно, чтобы вернуть наножидкости ее свойства спустя некоторое время после приготовления, ее «взбадривают», т.е. сначала снова механически перемешивают, а затем подвергают дополнительной УЗО. Однако с большой долей уверенности можно предсказать, что такое «взбадривание» в общем случае не вернет исходные свойства наножидкости. При использовании ПВП это обусловлено тем, что деградированные при создании наножидкости звенья ПВП не восстанавливаются, а дополнительная УЗО приводит к дальнейшей деградации ПВП. В результате такая восстановленная наножидкость будет иметь заведомо более низкую вязкость по сравнению с исходной. «Взбадривание» может быть эффективно в двух случаях. Во-первых, если при приготовлении наножидкости дисперсант не использовался. И, во-вторых, при использовании дисперсантов с устойчивыми молекулярными связями, которые практически не разрушаются при УЗО.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (гранты № 17-01-00040, 17-58-45023).

### **Список литературы**

1. *Rudyak, V. Ya., Minakov, A. V.* Thermophysical properties of nanofluids // *Eur. Phys. J. E.* – 2018. – Vol. 41. – P. 15.
2. *Rudyak, V. Ya.* Thermophysical characteristics of nanofluids and transport process mechanisms // *J. Nanofluids.* – 2019. – Vol. 8. – P. 1–16.
3. *Soma, K., Radhakrishnan, T. K., Babu, J. S. Ch.* Carbon nanotubes: Their role in engineering applications and challenges ahead // *Inorganic and Nano-Metal Chemistry.* – 2017. – Vol. 47. – P. 188–196.
4. *Wen, D., Ding, Y.* Effective Thermal conductivity of aqueous suspensions of carbon nanotubes (carbon nanotube nanofluids) // *J. Thermophys. Heat Transfer.* – 2004. – Vol. 18, No. 4. – P. 481–485.

5. *Zhang, X., Gu, H., Fujii, M.* Effective thermal conductivity and thermal diffusivity of nanofluids containing spherical and cylindrical nanoparticles // *Experimental Thermal and Fluid Science.* – 2007. – Vol. 31. – P. 593–599.
6. *Ponmozhi, J., Gonçalves, F. A. M. M., Feirrer, A. G. M., Fonseca, I. M. A., Kanagaraj, S., Martins, M., Oliveira, M. S. A.* Thermodynamic and transport properties of CNT water based nanofluids // *J. Nano Res.* – 2010. – Vol. 11. – P. 101–106.
7. *Meng, Z., Wu, D., Wang, L., Zhu, H., Li, Q.* Carbon nanotube glycol nanofluids: photothermal properties, thermal conductivities and rheological behavior // *Particuology.* – 2012. – Vol. 10. – P. 614–618.
8. *Sadri, R., Ahmadi, G., Togun, H., Dahari, M., Kazi, S. N.* An experimental study on thermal conductivity and viscosity of nanofluids containing carbon nanotubes // *Nanoscale Research Letters.* – 2014. – Vol. 9. – P. 151–167.
9. *Younes, H., Christensen, G., Liu, M., Hong, H., Yang, Q., Lin, Z.* Alignment of carbon nanofibers in water and epoxy by external magnetic field // *J. Nanofluids.* – 2014. – Vol. 3. – P. 33–37.
10. *Abueidda, D. W., Al-Rub, R. K. A., Dalaq, A. S., Younes, H. A., Al Ghaferi, A. A., Shah, T. K.* Electrical conductivity of 3D periodic architected interpenetrating phase composites with carbon nanostructured-epoxy reinforcements // *Composites Science and Technology.* – 2015. – Vol. 118. – P. 127–134.
11. *Tennison, Yu., Herrera, J. E.* The Mechanism of surfactant assisted dispersion of single-walled carbon nanotubes in polyvinylpyrrolidone solutions // *Colloid and Surface Science.* – 2017. – Vol. 2. – P. 96–106.
12. *Vaisman, L., Wagner, H. D., Marom, G.* The role of surfactants in dispersion of carbon nanotubes // *Advances in Colloid and Interface Science.* – 2006. – Vol. 128–130. – P. 37–46.
13. *Cui, S., Canet, R., Derre, A., Couzi, M., Delhaes, P.* Characterization of multiwall carbon nanotubes and influence of surfactant in the nanocomposite processing // *Carbon.* – 2003. – Vol. 41. – P. 797–809.

14. *Vaisman, L., Wagner, H. D., Marom, G.* The role of surfactants in dispersion of carbon nanotubes // *Adv. Coll. Int. Sci.* – 2006. – Vol. 128–130. – P. 37–46.
15. *Grönroos, A., Pentti, P., Hanna, K.* Ultrasonoc degradation of aqueous carboxymetilcellulose: Effect of viscosity, molecular mass, and concentration // *Ultrasonic Sonochemistry.* – 2008. – Vol. 15. – P. 644–648.
16. *Wang, H.* Dispersing carbon nanotubes using surfactants // *Curr. Opinion Coll. Interface Sci.* – 2009. – Vol. 14. – P. 364–371.
17. *Taghizadeh, M. T., Abdollahi, R.* Ultrasonic degradation of pol-yvinyl pyrrolidone (PVP): effect of power of ultrasound, temperature and concentration // *American Chem. Science J.* – 2015. – No. 16508.

УДК 621.542.001

### **МЕТОДИКА ГРАФОГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ПНЕВМОУДАРНОГО МЕХАНИЗМА ПО ИЗВЕСТНОЙ ИНДИКАТОРНОЙ ДИАГРАММЕ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В РАБОЧИХ КАМЕРАХ**

**Э.А. Абраменков<sup>\*</sup>, Р.Е. Хомяков<sup>\*\*</sup>**

Рассматривается последовательность построения принципиальной схемы пневматического ударного механизма (ПУМ) по известной или заданной форме индикаторных диаграмм давления воздуха во времени в камерах рабочего и холостого ходов ударника.

Построение элементов конструкции ПУМ базируется на предполагаемой форме диаграммы перемещения ударника во времени. Приводится частный случай построения принципиальной схемы синтезированного ПУМ с дроссельным воздухораспределением (ДПУМ) как наиболее простой по конструкции.

Ключевые слова: пневматический ударный механизм, индикаторная диаграмма, давление воздуха, ударник, дроссельное воздухораспределение.

#### **Введение**

Анализ доступной информации о развитии графогеометрического метода исследования ПУМ показывает, что этот метод прямо или косвенно не применялся, за исключением метода построения диаграмм давления воздуха и перемещения ударника во времени по известной или заданной форме диаграмм [1–5]. В работе [9] указанный метод расширен: предложены варианты изменения форм диаграмм с последующим переносом изменений на принципиальную конструктивную схему ДПУМ.

Предлагаемый в данной работе метод позволяет без материализации получить ПУМ по очертаниям (формам) диаграмм

---

<sup>\*</sup> Д-р техн. наук, профессор кафедры строительных машин, автоматики и электротехники НГАСУ (Сибстрин)

<sup>\*\*</sup> Студент НГАСУ (Сибстрин)

давления воздуха в камере рабочего  $p_p$  и холостого  $p_x$  хода ударника  $x_y$ . В этой связи большое значение имеет применение результатов работ Б.В. Суднишникова и Н.А. Клушина и их последователей, создавших научное направление, например, ПУМ с буферным циклом [10], циклом, улучшающим вибрационные и силовые характеристики ручных машин [3–8]. В этой связи отметим примерный перечень совершенствования рабочих циклов ПУМ [8], которые могут оказаться перспективными направлениями в применении сжатого воздуха как безопасного и экологически чистого энергоносителя.

Применение рассматриваемого метода позволяет дополнительно построить участки диаграмм с четко выделенными расходами воздуха с минимальными или отсутствующими внешними возмущениями и получить результаты с четко определенными физическими процессами рабочих циклов ПУМ. Это может объяснить четко выраженные взаимодействия между энергетическими и геометрическими параметрами ПУМ, разработать соответствующий метод их расчета. Многогранность подходов к решению таких задач видно по методикам, которые показали полезность применения динамических и конструктивных элементов с детальным описанием ПУМ посредством их структурных формул [8]. Таким образом, предлагаемый метод имеет прямое и обратное решение задачи совершенствования ПУМ путем геометрического моделирования переноса характерных точек диаграммы рабочего процесса на конструктивные исполнения принципиальной схемы ПУМ.

Применение структурных формул [8] для описания конструктивного решения ПУМ позволяет перейти к более полному физико-математическому описанию их рабочих процессов и получить близкие к реальным результаты моделирования на ЭВМ.

### **Последовательность геометрических построений принципиальной схемы ПУМ**

При решении задачи по определению принципиальной схемы ПУМ по очертанию формы индикаторной диаграммы давления воздуха в рабочих камерах могут быть представлены неко-

торые формы (рис. 1). Для построения принципиальной схемы ПУМ принимает очертание формы, представленной на рис. 1в.

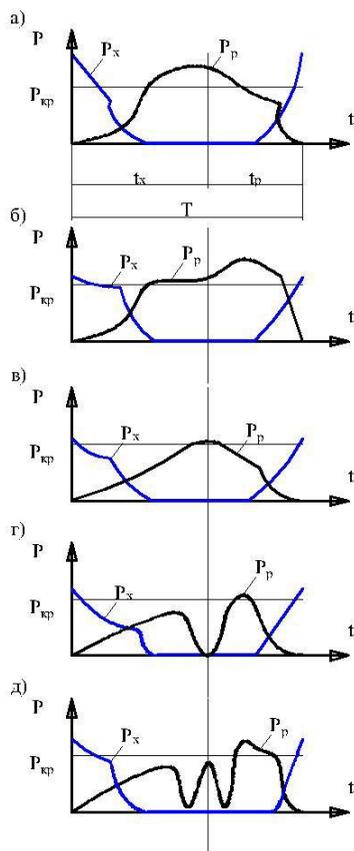


Рис. 1. Разновидности форм индикаторных диаграмм давления воздуха в камерах ПУМ с двумя рабочими камерами

Обозначения:  $P_p$ ,  $P_x$ ,  $x_y$  – давление воздуха в камерах рабочего и холостого ходов и продолжительность  $T$  рабочего цикла. Выполняются координатные разметки сеток в соответствии с выбранным масштабом  $p_p$ ,  $p_x$  и  $T$ , которые будут являться ограничениями для построений. Задача значительно упрощается,

если известны характеристики по давлению воздуха, подводимому к ПУМ от компрессора или подобного ему источника. Как правило, максимальное значение давления воздуха в камере рабочего хода соответствует точке раздела  $T$  на время рабочего хода  $t_p$  и время холостого хода  $t_x$ , т.е.:

$$T = t_p + t_x, \quad (1)$$

где, согласно обработке множества индикаторных диаграмм давления воздуха за период рабочего и холостого ходов [1–5, 10], можно принять в качестве ограничений значения  $t_p = 1$  и  $t_x = 1,4$ , которые наносятся в соответствии с выбранным масштабом (желательно на листах бумаги формата А4, которые доступны и достаточны для построений и иллюстраций графических зависимостей  $p_p(t)$ ,  $p_x(t)$  и  $(t)$ , изменяющихся во времени  $(t)$  (рис. 2)).

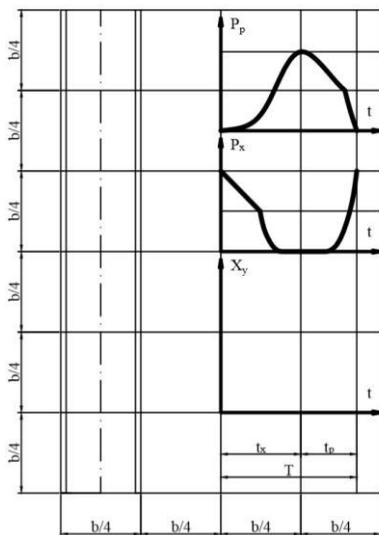


Рис. 2. Последовательность построения сетки расположения  $P_p$ ,  $P_x$ ,  $t_p$ ,  $t_x$  и принципиальной схемы ПУМ

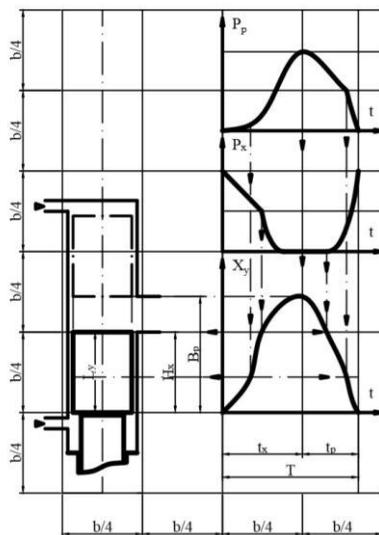


Рис. 3. Последовательность построения  $x_y$  и основных геометрических размеров  $L_x$  и каналов выпуска  $H_x$ ,  $B_p$

Для построения зависимости  $x_y(t)$  потребуются данные по энергии  $A$  удара, которая определяется по индикаторным диаграммам давления воздуха.

Согласно [1–5] величина ударного импульса:

$$I_y = I_2 - I_4, \quad (2)$$

где  $I_2, I_4$  – площади импульсов сил по изменению,  $p_p(t)$   $p_x(t)$  за время рабочего хода ударника.

Далее определяется масса ударника:

$$m_y = I_y / u_y, \quad (3)$$

где  $u_y$  – скорость ударника в момент его соударения с хвостовиком рабочего инструмента, которую можно задать допустимой из условия прочности материала ударника – 10 м/с или любое другое значение, принимаемое на практике.

Последовательно определяется энергия удара:

$$A = I_y^2 / 2m_y, \quad (4)$$

и величина хода ударника по зависимости [1–5]

$$x_y = A / p_c S_y, \quad (5)$$

где  $p_c$  – среднее давление воздуха по времени:

$$p_c = 3(p_{\max} + p_{\kappa})^2 / 4(2p_{\max} + p_{\kappa}) \quad (6)$$

и  $S_y$  – рабочая площадь ударника по [4]:

$$S_y = 0,1 A / p_o \cdot u_y. \quad (7)$$

В (6) обозначены:  $p_{\max}, p_{\kappa}$  – давление воздуха в камере рабочего хода в точке раздела хода ударника на рабочий и холостой и давление в начале выпуска из камеры рабочего хода. Как правило, принимают при расчетах  $p_{\max} = p_o$ , где  $p_o$  – давление воздуха, подводимое к машине ударного действия из сети;  $i$  – частота ударов, равная  $1/T$  (см. основание диаграмм  $p_p(t)$ ,  $p_x(t)$  и  $x_y(t)$ ).

Для геометрического построения принципиальной схемы ПУМ определяется длина сплошного ударника цилиндрической бесступенчатой формы. При заданных формах ударника прин-

ципиальная схема должна учитывать это изменение при сохранении значений  $x_y = \text{const}$  и  $S_y = \text{const}$ .

Так, если ударник сплошной бесступенчатый, то длина ударника

$$L_y = m_y / \rho_y S_y, \quad (8)$$

где  $\rho_y$  – плотность материала ударника.

Значение  $L_y$  переносится на координатную сетку (рис. 3) при соблюдении соответствующего масштаба.

При ступенчатом ударнике учитывается длина его штоковой и поршневой частей, при наличии центрального осевого отверстия учитывается изменение кольцевой рабочей площади  $S_y$  при сохранении расчетного значения, а также при сохранении его массы:  $m_y = \text{const}$ .

Определив участки подвода воздуха в рабочие камеры и учитывая тип воздухораспределителя, устанавливают размеры впускных и выпускных каналов для камер рабочего и холостого ходов, которые определяются по зависимостям, предложенным методикой расчета ПУМ [4]:

$$\omega_p = 0,017iA/\rho_o, \quad (9)$$

$$\omega_x = \alpha_p \omega_p / \lambda \quad \text{при } \alpha_p = (5 \dots 9), \lambda = 7, \quad (10)$$

где  $\omega_x, \omega_p$  – площади каналов впуска воздуха в камеру рабочего и холостого хода. По [4] определяются объемы рабочих камер:

$$V_p = 6,67A/\rho_o, \quad (11)$$

$$V_x = V_p / \lambda, \quad (12)$$

где  $V_x, V_p$  – объемы камер рабочего и холостого хода.

По (1)–(12) можно осуществить количественную оценку конструктивного исполнения ПУМ.

Таким образом, путем переноса характерных точек с диаграмм  $P_i(t)$  на  $x_y(t)$  и далее, учитывая  $L_y, S_y, \omega_x, \omega_p, V_p, V_x$ , на схему конструктивного исполнения, получаем близкую к достоверной информацию о рабочем процессе ПУМ по индикаторным диаграммам давления воздуха во времени.

## Заключение

По предложенному методу можно восстановить принципиальную конструктивную схему ПУМ с уточнением координат расположения площадей сечения каналов впуска и выпуска воздуха из рабочих камер.

Решение конструкторских задач посредством рассмотренного метода существенно сокращает время поиска новых ПУМ и оценки их рабочих процессов.

## Список литературы

1. *Суднишников, Б. В.* Некоторые зависимости, вытекающие из особенностей индикаторных диаграмм пневматических молотков // *Машины ударного действия.* – Новосибирск : ГГИ ЗСФ АН СССР, 1953. – 102 с.
2. *Суднишников, Б. В.* О движении массы под действием силы, заданной в функции времени // *Машины ударного действия.* – Новосибирск : ГГИ ЗСФ АН СССР, 1953. – С. 74–84.
3. *Суднишников, Б. В., Есин Н. Н., Тупицин К. К.* Исследование и конструирование пневматических машин ударного действия. – Новосибирск : Наука, 1985. – 134 с.
4. *Петреев, А. М., Абраменков, Э. А., Клушин, Н. А., Липин, А. А.* Методика расчета и рекомендации по доводке дроссельного пневмоударного механизма // *Ручные пневматические машины ударного действия.* – Новосибирск : ИГД СО АН СССР, 1979. – С. 53–60.
5. *Клушин, Н. А.* Исследование пневматических молотков с новым рабочим циклом, снижающим отдачу // *Изв. Восточных филиалов АН СССР.* – 1957. – № 4–5. – С. 80–99.
6. *Клушин, Н. А., Абраменков, Э. А., Суворов, Д. Г.* Пневмоударный механизм с пониженной отдачей // *Изв. вузов. Строительство и архитектура.* – 1968. – № 1. – С. 137–140.
7. *Клушин, Н. А., Абраменков, Э. А., Суворов, Д. Г.* Беззолотниковый пневмоударный механизм с пониженной отдачей // *Изв. вузов. Строительство и архитектура.* – 1968. – № 1. – С. 173–176.

8. *Абраменков, Э. А., Абраменков, Д. Э.* Пневматические механизмы машин ударного действия: дроссельные, струйные, беззолотниковые, бесклапанные : справ. пособие. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 1993. – 430 с.
9. *Хомяков, Р. Е., Абраменков, Э. А.* Графогеометрический метод исследования и совершенствования конструкций и рабочего процесса пневматических ударных механизмов // Актуальные вопросы архитектуры и строительства : материалы XI Всероссийской научно-технической конференции. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2018. – С. 180–188.
10. *Суксов, Г. И.* Исследование погружных пневматических молотков с буферным циклом // Вопросы механизации горных работ. – 1961. – Вып. 6. – С. 155–176.

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЗЕЛЕНЕНИЮ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ И МИКРОРАЙОНОВ

**А.В. Борисова<sup>\*</sup>, О.О. Смолина<sup>\*\*</sup>**

В современных городах имеется тенденция ухудшения состояния озеленения и уменьшение его количества, а также нерациональный подбор древесно-кустарниковых пород для высадки в условиях техногенного воздействия городской среды. Плохое состояние окружающей среды негативно влияет на здоровье населения. Это связано с тем, что большие открытые пространства способствуют распространению пылевых и газо-аэрозольных выбросов и шумовому загрязнению. В данной статье рассмотрены подходы к озеленению, а также приведены примеры инновационных решений проблемы.

Ключевые слова: проблема озеленения, шум, озеленение дорог, озеленение микрорайонов, экология, проблема шума, малые архитектурные формы.

### **Введение**

В большинстве городов России наблюдается ухудшение состояния озеленения. Причин можно выделить несколько: уплотнение городской застройки, слабый контроль за облагораживанием жилых, общественных и промышленных территорий и отсутствие обновления еще советских посадок. В качестве примера рассмотрим Новосибирск: недостаток озелененных территорий в большинстве городских районов, нерационально подобранные виды деревьев и кустарников в зонах загазованности, вырубка лесных территорий под строительство, старый фонд деревьев, которому уже более 40 лет, предпочтение газонам с цветниками и малыми архитектурными формами высадке деревьев. 75 % населения Новосибирска сосредоточено на 46 % площади в районах с высоким и средним уровнем загрязнения. В этих районах недостаточно парков, поскольку они постоянно уплотняются новой застройкой.

---

\* Студент НГАСУ (Сибстрин)

\*\* Канд. архитектуры, доцент кафедры градостроительства и городского хозяйства НГАСУ (Сибстрин)

Специалисты в области здравоохранения считают, что здоровье человека на 20–25 % определяется состоянием окружающей среды. Отдельные исследования в городах Европы говорят о том, что дополнительное озеленение городской среды помогает снизить риски заболеваний [1].

Ежегодно с отработавшими газами в атмосферу поступают сотни миллионов тонн вредных веществ, а также растет число автомобилей, которые являются одним из главных факторов шумового загрязнения. Уровень уличных шумов обуславливается интенсивностью, скоростью и характером транспортного потока. Также он зависит от планировочных решений (продольный и поперечный профиль улиц, высота и плотность застройки) и благоустройства (покрытие проезжей части и наличие зеленых насаждений) [2]. Шум, возникающий на проезжей части, распространяется не только на территорию, расположенную при ней, но и вглубь жилой застройки. Так, части кварталов и микрорайонов, расположенные близ крупных улиц городского значения, находятся в зоне наиболее сильного воздействия шума. В квартирах с открытыми окнами, выходящими на улицы, уровень шума ниже, чем на улице, всего на 10–15 дБ [3]. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что шум высокой интенсивности оказывает на человеческий организм вредное влияние [4].

**Цель исследования:** проанализировать разные аспекты влияния озеленения на жизнедеятельность человека; разработать научно-практические рекомендации, позволяющие повысить качество озеленения и репрезентативность городских ландшафтов.

### **Предлагаемые решения проблемы**

Природная среда в городе создана человеком искусственно и отличается от естественной природной экосистемы. Городское озеленение имеет целью удовлетворение потребностей человека и улучшение экологического состояния среды. Стоит заметить, что у архитекторов есть представление, что благоприятная го-

родская среда должна содержать около 50 % площади зеленых насаждений [1]. Но проблема не только в недостаточном количестве озеленения, а также в том, что состояние уже существующего ежегодно ухудшается. Островки зелени могут оздоровить городскую среду, но для этого деревья должны быть правильно подобраны по экологическому паспорту, но повсеместно встречается высадка деревьев, неустойчивых к вредному воздействию окружающей среды. Необходимо подбирать различные виды растений к каждой функциональной группе озеленения – паркам и улицам [5].

Влияние озеленения на состояние человека обуславливается тем, что защитно-мелиоративные насаждения ослабляют отрицательное влияние на жилую зону сильного ветра, пыльных бурь, углекислого газа, шумов и эрозионных явлений [6].

В среднем по городам России уровень шума от дороги составляет от 73 до 83 дБ, максимально 90–95 дБ [7]. Шум, даже когда он невелик, создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Слабый шум различно влияет на людей. Отсутствие необходимой тишины, особенно в ночное время, приводит к преждевременной усталости. Шумы высоких уровней могут явиться почвой для развития стойкой бессонницы, неврозов и атеросклероза. Под воздействием шума от 85–90 дБ снижается слуховая чувствительность на высоких частотах, человек начинает жаловаться на недомогание. Симптомы – головная боль, головокружение, тошнота, чрезмерная раздражительность [8]. Опасность шума в том, что от него нельзя скрыться, даже закрытые окна не дают 100 % звукоизоляции, а установка возле дороги отражающих экранов приводит к увеличению распространения шума за счет эхо. Зеленые насаждения, напротив, способны частично компенсировать вредное воздействие шума, поскольку листва поглощает и отражает звуковые волны. Исследования показали, что лиственные породы поглощают до 26 % звуковой энергии, а отражают и рассеивают до 74 % [9].

Степень снижения шума во многом зависит от породного состава защитных посадок, их возраста, состояния, сомкнутости крон и размещения. Плотные многорядные посадки, расположенные перпендикулярно направлению источника шума, могут на 10–12 дБ ослаблять его интенсивность. Шумозащитные посадки (рис. 1) вдоль улиц и магистралей должны создаваться из деревьев и кустарников с плотной кроной, причем за счет ступенчатости – низкие у дорог, высокие ближе к домам – эффект посадки будет выше [9].

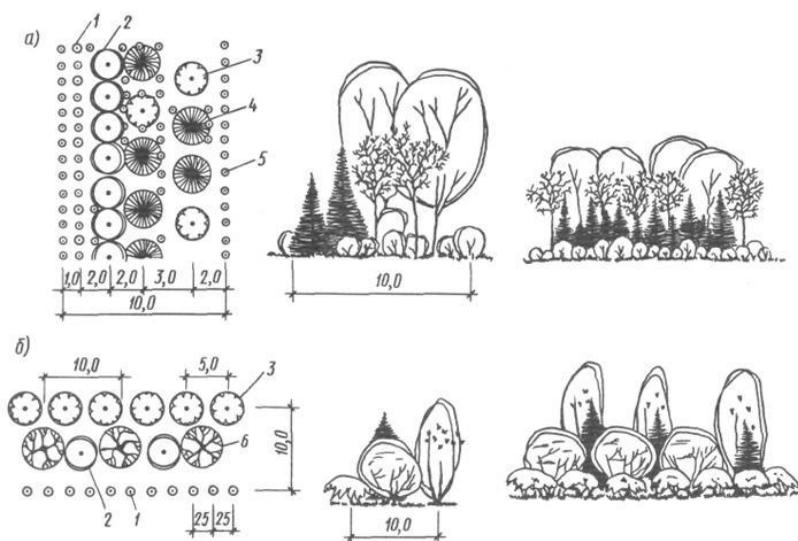


Рис. 1. Шумозащитные посадки зеленых насаждений:

- а – пример плотных шумозащитных посадок смешанного типа;
- б – пример посадок на улице для защиты от транспортного шума

Наибольшей способностью к подавлению и рассеянию шума обладают лиственные породы, однако их действие практически прекращается в холодный период года, поэтому максимальный эффект дают смешанные посадки с участием хвойных. Из числа лиственных древесных растений эффективнее задерживают шум широколиственные породы: клены, липы, вязы, ясени

и тополя. Не только деревья и кустарники, но даже травяной покров газонов в некоторой степени приглушает шум [10].

*Проблема вредных пылевых и газо-аэрозольных выбросов.* Зеленые насаждения способны к перехвату и аккумуляции на поверхности листьев и хвои пыли и других частиц, которые смываются осадками и попадают в почву. В зависимости от особенностей строения кроны, размеров и характера листьев и хвои, защитные насаждения могут перехватывать до 60–70 % пыли и мелкодисперсных аэрозолей. Газозащитный эффект зеленых насаждений зависит от способа озеленения, пород деревьев, кустарников и времени года. В оценке этого эффекта существенную роль играет *коэффициент ажурности зеленых насаждений*. Для защиты от пыли и загазованности лучше всего подойдут рослые лиственные растения, образующие большую массу зелени на высоте не менее 2–4 м, такие как липы, клены, тополя, а также кустарники: сирени и некоторые жимолости. Нерационально использовать плохо переносящие газо-пылевое загрязнение посадки таких пород, как ель обыкновенная, сосна обыкновенная, береза и рябина обыкновенная [10].

Защитный эффект озеленения заключается в том, что он влияет на распространение аэрозольных выбросов в воздушных потоках. При правильном расположении защитных растений с учетом господствующих ветров можно добиться значительно снижения загазованности. А при помощи многорядных ветрозащитных полос можно ослабить силу ветра в 1,5–2 раза.

Метод, решающий сразу несколько проблем – и пыли, и загазованности, и шума, – это использование вертикального озеленения фасадов (рис. 2). Для жилого дома в Италии деревья, высаженные в большие кадки и расположенные на стальных балках, служат своеобразным живым щитом. Это уникальное здание имеет 150 деревьев, поглощающих до 200 000 л углекислого газа в час. Изменения, происходящие с деревьями в зависимости от времени года, благоприятно сказываются на общем микроклимате внутри здания: листва естественным образом

сдерживает палящие лучи летом, а зимой, наоборот, оголившиеся ветки способствуют проникновению в дом большего количества тепла и света. Каждое растение было выбрано так, чтобы наилучшим образом обеспечить разнообразие цвета, пышность кроны в разные периоды цветения [11].



Рис. 2. Дом по проекту архитектора Лучиано Пиа

Но перечисленные проблемы улиц актуальны не только для жильцов домов, расположенных на загруженных артериях города, а также для пешеходов, передвигающихся по тротуарам улиц, которые имеют серьезные проблемы с экологией. Для их решения можно предложить идею установок «зеленых коридоров» (рис. 3, 4). Такая конструкция привнесет в облик улицы декоративность, а также улучшит ее экологическое состояние или как минимум уменьшит негативное влияние пыли, газов и шума на пешеходов. Вариант может быть удачен для проспектов и улиц, на которых нет возможности высадки озеленения, например, из-за малой ширины тротуара.



Рис. 3. Пергола в Париже



Рис. 4. Оформление тротуара

С помощью озеленения по краю дорог можно уменьшить количество несанкционированных парковок на тротуарах. В этом случае удачнее будет использование посадок в специальных стационарных кадках, которые можно совмещать с функцией скамеек (рис. 5). Такие посадки позволят улучшить как состояние придомовых территорий, так и инфраструктуру всей улицы.

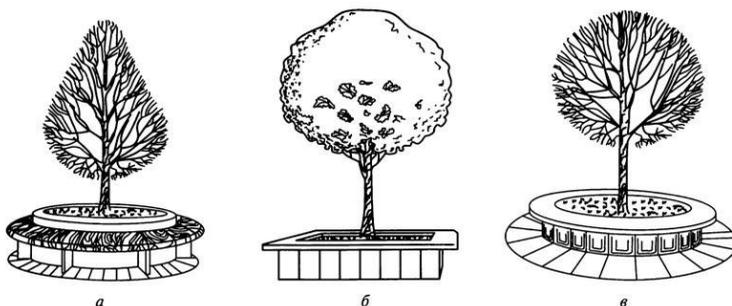


Рис. 5. Варианты обустройства посадочного места древесно-кустарниковых пород

Перечисленные выше проблемы в основном относятся к пространствам улиц, проспектов, магистралей. Микрорайоны должны иметь свою систему озеленения, включающую сады, зеленые насаждения на участках жилых зданий, озелененные участки при школах, детских садах, физкультурных площадках, защитные посадки по границам микрорайона, вдоль внутрирайонных проездов, вокруг хозяйственных сооружений, гаражей, стоянок и т.п. Зеленые насаждения, размещаемые у хозяйственных площадок, должны обеспечивать их зрительную изоляцию, а также способствовать проветриванию и хорошей инсоляции [12].

Проект озеленения микрорайона создается с учетом природно-климатических условий местности, его ландшафта, существующих транспортных и пешеходных связей, расположения инженерных коммуникаций и т.д. Уровень озеленения должен составлять 62,7–73,8 % и зависеть от типа застройки, поэтому

проект планировки микрорайона должен учитывать все основные требования озеленения городских территорий [13]. Размещаемые в микрорайоне насаждения используют для формирования благоприятной окружающей среды и обогащения архитектурно-планировочной композиции микрорайона (рис. 6).



Рис. 6. Новые жилые районы Хельсинки

Насаждения, расположенные на территориях жилых комплексов, имеют огромное социальное значение – количество озеленения жилых районов и микрорайонов влияет не только на удобство населения, но и на санитарно-гигиенические и микроклиматические условия жизни людей. От них во многом зависят художественные достоинства жилых кварталов и города в целом. Средством, повышающим комфорт жилого массива с высокой плотностью, может стать геопластика (рис. 7). Например, озелененные земляные валы защитят пространство двора от уличного шума, резких ветров, скоплений автомашин [14].



Рис. 7. Пример благоустройства территорий в Астане

Подбор древесных растений необходимо осуществлять с учетом зимних пейзажей. В озеленение жилых территорий целесообразно включать хвойные растения. Площадь под цветники не должна превышать 2–2,5 % от площади озеленения. Сады жилых районов являются наиболее крупными зелеными массивами на их территории. Основное их назначение – оздоровление среды и улучшение микроклимата на жилых территориях, а также создание условий для повседневного отдыха населения [12].

### **Заключение**

При постоянно увеличивающемся темпе урбанизации количество автомобилей в городах растет, и ситуация на дорогах становится сложнее (особенно это заметно в городах-миллионниках), что приводит к различным проблемам, которые влияют на здоровье человека и экологию города в целом. Способом снижения давления на среду, соответственно и на население, является озеленение. Для того чтобы оно «работало» на благо

города, требуется качественно подбирать растения по параметрам его экологического паспорта, аллелопатии и формировать характер посадки. Не последнюю роль играет эстетическая составляющая. Использование вертикального озеленения позволяет экономить площади территории, очищать воздушное пространство города от газов и пыли, а также благоприятно воздействует на эмоциональное и физическое состояние жителей. То же самое относится и к системам озеленения микрорайонов: помимо функционального назначения, необходимо учитывать их художественный аспект, благоприятно воздействующий на психологическое состояние человека, помогая расслабиться и отдохнуть.

Резюмируя, следует отметить, что для повышения качества озеленения городских ландшафтов, необходимо учитывать следующие *научно-практические рекомендации*:

*1. Использование озеленения в качестве защитных насаждений от шумового и газо-пылевого загрязнения, а также для уменьшения ветра и эрозии почв.*

На этапе организации плана озеленения территории (дендрологического плана) необходимо особое внимание уделять подбору пород древесных растений, учитывая рекомендуемые схемы их высадки для максимально полезного воздействия на окружающую среду.

*2. Использование вертикального озеленения фасадов жилых и общественных зданий.*

В случае плотной и высокоплотной застройки территории, оно позволит увеличить площадь озеленения и поможет решить проблемы шумового и газо-пылевого загрязнения, а также способствует созданию экоустойчивой среды.

*3. Установка «зеленых коридоров», при невозможности осуществления посадки деревьев.*

Использование конструкций (типа «пергола», «альтанка», «шпалера» и др.) позволит обеспечить пешеходам безопасную среду для передвижения, а также защитит их здоровье от негативного воздействия автомагистралей.

#### 4. Художественное оформление насаждений микро-районов.

Озеленение определяет санитарно-гигиенические условия среды, но эстетичное и приятное их оформление повышает комфорт жизни населения и благоприятно воздействует на психику людей.

#### Список литературы

1. Дудикова, Т. Озеленение ради здоровья // Ежеквартальное издание ИСАР-Сибирь. – 2017. – № 14.
2. Нормирзаев, А. Р., Нуриддинов, А. Д., Валиева, Г. Ф. Влияние автомобильного транспорта на окружающую среду // Точная наука. – 2017. – Вып. 10. – С. 6–10.
3. Исследование уровня шума в зоне влияния автомобильных дорог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://privet-student.com/kursovyue/kursovyue-po-ekologii/1961-issledovanie-urovnya-shuma-v-zone-vliyaniya-avtomobilnyh-dorog.html>
4. ОДТ 218.2.013-2011. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам [Электронный ресурс] : на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 13.12.2012 № 995-р // Кодекс: 6 поколение. Нормы, правила, стандарты.
5. Ученые Ботанического сада СО РАН назовут виды деревьев, которые вылечат Новосибирск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sib.fm/news/2015/08/14/uchjonye-nazovut-vidy-derevev-kotorye-vylechat-novosibirsk>. – Загл. с экрана.
6. Защитно-мелиоративные насаждения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://landscape.totalarch.com/node/91>. – Загл. с экрана.
7. Леванчук, А. В. Гигиеническая оценка шума автомобильного транспорта в зависимости от расстояния и высоты от источника шума [Электронный ресурс] // Науковедение : интернет-журнал. – 2014. – № 6.

8. *Колобова, Е., Проскурина, Л., Рахимова, Н.* Производственный шум. Нормирование. Методы снижения шума : учеб. пособие. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2010. – 104 с.
9. *Морозов, В. В., Несолонов, Г. Ф.* Основы экологической безопасности : учеб. пособие. – Самара : Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2003. – 365 с.
10. *Защитные свойства древесных* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://givoyles.ru/articles/sovety/zashhitnyesvoistva-drevesnyh/>. – Загл. с экрана.
11. *Гениальное и очень красивое решение от шума и пыли* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kvartira.mir-tesen.ru/blog/43930418924/Genialnoe-i-ochen-krasivoe-reshenie-ot-shuma-i-pyili>. – Загл. с экрана.
12. *Гостев, В. Ф., Юскевич, Н. Н.* Проектирование садов и парков. – Москва : Стройиздат, 1991. – 34 с.
13. *Справочник строителя // Озеленение прилегающей территории* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://baurum.ru/\\_library/?cat=greenery\\_territory&id=4163](http://baurum.ru/_library/?cat=greenery_territory&id=4163). – Загл. с экрана.
14. *Зеленые насаждения в микрорайонах и кварталах* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://landscape.totalarch.com/node/37>

## **ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖИЛИЩНОГО КОМПЛЕКСА**

**В.В. Герасимов<sup>\*</sup>, Е.В. Улитко<sup>\*\*</sup>, А.В. Черниченко<sup>\*\*</sup>**

Разработаны методические основы организационно-экономической надежности реструктуризации предприятий жилищного комплекса. Основой подхода является планирование структур объемов и ресурсов реструктуризации предприятий на основе нормативов надежности производства, определенных в зависимости от влияния случайных факторов, что повышает безопасность планов и программ реструктуризации промышленного производства жилищного комплекса. Реализация процесса планирования представляет собой поток параметров процессов и нормативов надежности, отображающих постоянно изменяемые ситуации внешней и внутренней среды. Эффективность использования нормативов надежности обеспечивается за счет регулирования и минимизации влияния факторов на производственные процессы. Использование приведенного методического подхода позволяет формировать плановые документы с учетом организационно-экономической надежности и уровня безопасности производственных процессов.

Ключевые слова: безопасность, предприятия, реструктуризация, процесс, планы.

### **Введение**

В соответствии с существующими методическими положениями надежность можно классифицировать: по направлениям – детерминированная и стохастическая; по функциональному признаку – организационная, технологическая, экономическая, финансовая; по горизонту процесса – долгосрочная, среднесрочная, краткосрочная [1]. Множество опасностей как факторных ситуаций образуют систему безопасности производства как желаемое состояние производственной системы. Организацион-

---

<sup>\*</sup> Д-р техн. наук, профессор кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

<sup>\*\*</sup> Аспирант кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

но-экономическая безопасность производства отображается двумя уровнями: первый уровень – это оценка производственной системы, в которой формируется структурный блок объектов с затратами производства, и второй уровень, в котором формируются технологии и денежные ресурсы предприятия. При этом первым уровнем задается концепция решений, а вторым – стратегия и способы использования ресурсов для их решения.

Множественность оценок состояния работоспособности потенциала предприятия влияет на уровень достоверности оценки состояния предприятия.

Решение задачи реструктуризации предприятий определяет область возможных преимуществ развития потенциала на основе схем, включающих горизонтальную и вертикальную интеграцию. При этом наиболее сложной задачей является управление надежностью решений, поскольку результаты не имеют числовой формы, а методические рекомендации по этому вопросу еще недостаточно разработаны.

В этих условиях задача разработки нормативной базы реструктуризации производства предприятий строительного комплекса становится актуальной.

Целью работы является исследование и разработка методов повышения организационно-экономической надежности реструктуризации производства предприятий строительного комплекса.

Практика показывает, что надежность используется в качестве оценки способности выполнения производственных задач в соответствии с заданными режимами переработки ресурсов. При этом надежность определяется двумя группами факторов: внутренними, при которых организованность объектов и ресурсов характеризуется уровнем использования существующих мощностей, и внешними, которые определяются случайными факторами внешней среды.

Последние из-за сложности их нормирования и проектирования снижают достоверность оценки решений в сфере производства. Это способствует формированию неуправляемого риска и, как следствие, опасности недостижения запланированного

результата. В работе предметом исследования были процессы реструктуризации предприятий и их отклонения в зависимости от внешних факторов.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью разработки нормативно-методической базы эффективных и безопасных организационных решений в области реструктуризации производственных объектов.

### **Методика исследований**

Исследование организационно-экономической надежности реструктуризации объектов включало задачи: разработки структуры производственных объектов по типам – материалу продукции и видам – переделам продукции объектов; моделирования организационных схем производства реструктуризации работ; исследования надежности потенциала объектов производства; оценки опасностей потенциала в зависимости от внешних факторов; разработки нормативов надежности и аналитических зависимостей надежности.

Структурирование производственных объектов по типам и видам предприятий осуществлялось: для последующего получения информационной базы нормативов надежности, параметров и показателей на примере промышленных предприятий жилищного комплекса города; моделирования организационно-экономических схем производства реструктуризации объектов; параметрирования реструктуризации интеграционных схем по структуре объектов. Исследование надежности предусматривало имитационное моделирование случайных отклонений параметров от нормативов проектных данных с формированием комплекса нормативов надежности по всей номенклатуре объектов. Оценка опасностей для потенциала от различных факторов предусматривала определение эффективности управления риском с вычислением опасностей и безопасности объектов и их интегрированного комплекса. Разработка нормативов надежности и аналитических зависимостей осуществлялась для оценки потенциала и их использования в практике планирования и управления параметрами производственных объектов.

Модельный комплекс исследования надежности схем реструктуризации объектов имеет следующий вид [2]:

1. Информационная модель структуры предметной области:

$$CP = (Prs, Crc, Tpv); \quad (1)$$

$$Prs = Uvrc(Ги, Ви); \quad (2)$$

$$Crc = Uсrc; \quad (3)$$

$$Trc = Uтпв; \quad (4)$$

$$Фrc = \{(ОПК), (З, Т), (З, И)\}, \quad (5)$$

где CP – схема реструктуризации объекта; Prs – предметная область реструктуризации; Crc – сценарий реструктуризации; vrc – виды схем реструктуризации; Ги – горизонтальная интеграция предприятий; Ви – вертикальная интеграция предприятий; Tpv – типы переделов производства; Фrc – факторы реструктуризации; ОПК – объемно-планировочные решения продукции; З – затраты производства; И – инвестиции.

2. Ресурсная база:

$$Prs = \sum Z(Prs)i; \quad (6)$$

$$Vrc = \sum Z(Vrc)j; \quad (7)$$

$$Trc = \sum Z(Trc)k, \quad (8)$$

где  $i, j, k$  – соответственно  $i, j, k$ -е элементы предметной области: вид, схемы, тип переделов производства.

3. Оценочная база:

$$\mathcal{E} = B/Z; \quad (9)$$

$$Hд = Z/(Z + \Delta Z); \quad (10)$$

$$Pк = 1 - Hд; \quad (11)$$

$$OB: (\mathcal{E} < 0); (\mathcal{E} = 1); (\mathcal{E} > 0), \quad (12)$$

где  $\mathcal{E}$  – эффективность производства; B – выручка производства;  $\Delta Z$  – отклонение затрат; Pк – риск; Hд – надежность; OB – область безопасности.

4. Задачи управления безопасностью:

$$\Delta Z \rightarrow \min; \quad (13)$$

$$\text{ВУБ: } \langle (\exists < 0) \rightarrow (\exists = 1) \rightarrow (\exists > 0) \rangle, \quad (14)$$

где ВУБ – вектор управления безопасностью.

Содержательная характеристика модели заключается в следующем.

Уравнениями (1)–(4) отображается предметная область объекта реструктуризации, которой определяются системные элементы решения задачи с выделением параметров объекта. Уравнением (5) отображаются факторы реструктуризации, в качестве которых принимались затраты производства и инвестиции. Уравнениями (6)–(8) отображается ресурсная база, основой которой являются ресурсы, распределенные по видам, схемам, типам переделов производства. Уравнениями (9)–(12) отображается оценочная база, основой которой является риск, надежность и область безопасности объекта. Уравнениями (13), (14) отображаются задачи управления безопасностью объекта.

Схема исследования включает следующие блоки:

Блок 1. Разработка предметной области проекта реструктуризации включает архитектурное решение, которое определяет тип продукции предприятия; технико-экономические характеристики производства; факторы внешней среды; инвестиции на проект реструктуризации предприятий.

Блок 2. Проведение имитационного моделирования вероятностей параметров схем реструктуризации в форматах горизонтальной (структурной) и вертикальной (процессной) интеграции предприятий.

Исследование закона случайных отклонений параметров предприятий проводилось для выявления закона распределения отклонений с последующей его формализацией.

Блок 3. Разработка нормативов надежности схем реструктуризации предприятий и аналитических уравнений зависимости вероятностей отклонений от их величины.

Блок 4. Разработка карт безопасности схем реструктуризации для их использования при планировании, управлении и реализации проектов реструктуризации.

На основе использования модельного комплекса в процессе исследования получены следующие результаты:

- классификация факторов, определяющих уровень надежности схем реструктуризации объекта;
- модели безопасности схем реструктуризации объекта;
- кластеры организационных схем инженерных решений объекта;
- нормативы организационно-экономической надежности схем реструктуризации объекта;
- аналитические комплексы, зависимости вероятности отклонений параметров организационных схем инженерных решений объекта, схем реструктуризации объекта;
- карты организационно-экономической безопасности схем реструктуризации объекта, включающие описание элементов схем, расчетную ситуацию по факторам, расчетный сценарий управления по факторам, ресурсы управления.

Эффект научно-технической разработки определен по направлениям:

- в области нормирования: проектирование затрат с учетом нормативов надежности;
- в области планирования: распределенная система ресурсов производства и затрат на страхование рисков схем реструктуризации;
- в области управления: аналитические уравнения эффективности схем в зависимости от классов отклонений параметров в пространстве параметров производства;
- в области автоматизации: возможность цифрования таблиц отклонений параметров и зон безопасности для последующего принятия решений о приоритетах разработки сценариев повышения безопасности объектов.

## **Результаты исследований**

Экспериментальные исследования позволили установить, что затраты работ по реструктуризации зависят от внешних и внутренних факторов, а их архитектура определяет организационно-экономический уровень как надежность выполнения работ.

Расчетами установлено, что уровень организационно-экономической надежности по выбранному классу объектов реструктуризации составляет 0,987, после страхования рисков – 0,981.

Полученные значения безопасности могут быть использованы при корректировке сметной стоимости строительных работ, уравнения регрессии – для разработки автоматизированных программ процесса планирования и управления работами по реструктуризации предприятий.

Результаты исследований организационно-экономической надежности работ по реструктуризации предприятий являются развитием существующих основ теории системотехники сложных систем [3] и знаний в области методических основ динамики надежности строительных потоковых процессов и решений.

## **Заключение**

Организационно-экономические модели и схемы работ по реструктуризации предприятий в существующей практике не учитывают факторы надежности потенциала, что снижает качество планирования и в последующем приводит к неэффективному использованию ресурсов. Приведенный подход может быть использован при оценке безопасности с последующей разработкой мероприятий по повышению безопасности предприятий.

Эффективность использования приведенного подхода в проектировании и планировании производства определяется эффектами, которые могут быть получены за счет обоснованного учета риска в планировании при учете опасностей и страховании риска при реализации планов производства.

### Список литературы

1. *Швецов, В. А.* Организационно-технологические условия и факторы управления региональным комплексом инвестиционно-зависимых отраслей // Известия Казанского гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2005. – № 1 (3). – С. 98–101.
2. *Герасимов, В. В., Иконникова, А. В., Светышев, Н. В., Исаков, А. К.* Исследование технологии планирования комплексных строительных процессов в условиях неопределенности // Изв. вузов. Строительство. – 2018. – № 3. – С. 52–61.
3. *Романова, А. И.* Методология комплексного подхода к решению проблемы устойчивого экономического развития инвестиционно-строительного комплекса // Известия Казанского гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2005. – № 1 (3). – С. 105–107.

## **САНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА**

**А.А. Дорофеева\***

Анализируются градостроительные особенности формирования планировочной структуры Новосибирска и влияние промышленных предприятий в пределах индустриальных зон на его экологию. Целью исследования является проведение комплексной оценки санитарно-экологического состояния территории и выявление наиболее экологически неблагоприятных зон. Разработана методика оценки территории Новосибирска на основе комплексного анализа факторов, загрязняющих городскую среду. Составлена комплексная экологическая карта-схема с указанием зон негативного воздействия различных факторов на селитебные территории города Новосибирска, разделенная на элементарные участки, среди которых выявлены наиболее загрязненные.

Ключевые слова: промышленные предприятия, экологические проблемы, реновация индустриальных зон.

### **Введение**

В условиях активного социально-экономического роста, модернизации производств и внедрения инноваций в различные отрасли экономики, вопросы экологической безопасности приобретают приоритетное значение. На территории крупных городов России концентрируется значительное количество промышленных предприятий, которые, по оценкам специалистов, с конца XX в. являются одним из основных источников загрязнения природной среды и поставляют порядка 50 % от общего числа загрязняющих веществ [1]. Степень загрязнения городской среды превышает предельно допустимые концентрации (ПДК), а состояние атмосферного воздуха и большинства водоемов не отвечает санитарно-гигиеническим требованиям. По мнению экспертов, на территории России каждый десятый город оценивается максимальной степенью загрязнения его среды [2].

---

\* Магистрант кафедры архитектурного проектирования зданий и сооружений НГАСУ (Сибстрин)

В статье обращается внимание на проблему ухудшения экологического состояния городов, возникающую вследствие неадекватного отношения к вопросам природоохраны как при зонировании их территории, так и при функционировании промышленных предприятий, которая актуальна и в Новосибирске, где существует мощная индустриальная база. Одним из аспектов данной проблемы занимались Р.А. Дрожжин и Е.А. Блажных, предложившие методы реновации стагнирующих территорий промышленных зон [3]. Вместе с этим на экологию города влияет и то, что он расположен на гранитной плите, которая содержит большой уровень радона. Также на территории Новосибирска регулярно эксплуатируется лесная зона, вырубается деревья, что приводит к изменению всех взаимосвязанных экосистем [4]. Кроме того, в Новосибирской области находятся месторождения различных полезных ископаемых: глина, мрамор, нефть, золото, природный газ, торф, уголь, титан [5]. В качестве основы исследования использовались научные труды И.М. Смоляра, Яна Гейла, В.В. Владимирова и других специалистов [6], исследовавших градостроительные проблемы, в том числе санитарно-экологического состояния городов.

Объектом исследования является территория Новосибирска, предметом исследования – комплексная оценка ее санитарно-экологического состояния.

Сегодня в Новосибирске функционируют крупные предприятия, относящиеся к основным экологически небезопасным отраслям: машиностроение, металлообработка, электроэнергетика, котельные и другие предприятия теплоэнергетики, которые являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха, специфика которых во многом определяет экологическое состояние окружающей среды, перспективы его изменения и экологическую комфортность проживания населения [7, 8]. Формирование планировочной системы Новосибирска происходило через функциональное зонирование: разделение города на части различного назначения по признаку ведущей функции (труд, общественная жизнь, быт, отдых).

Градостроительный анализ существующего состояния планировочной структуры Новосибирска позволил выявить наиболее устойчивые характеристики, которые создают ограничения для ее дальнейшего развития:

1. Расчлененность планировочной структуры застроенных территорий вследствие «островного» расположения крупных промышленных комплексов, коммунально-складских зон, расположения полос отвода железной дороги, территорий аэродромов, особенностей рельефа (долин малых рек и оврагов).

2. Чередование жилых, общественных и промышленных зон и фрагментарное вкрапление мелких по размеру производственных и коммунальных площадок в жилую застройку.

3. Отрезанность жилых и общественных территорий от береговой рекреационной зоны реки Оби по обоим берегам вследствие исторически сложившейся трассировки железнодорожных магистралей, размещения промышленных и коммунальных предприятий на берегу реки, наличия подтопляемых участков.

Эти характеристики отражают важность поэтапного радикального преобразования и совершенствования функционально-планировочной структуры города, в особенности индустриальных зон, с точки зрения экологии и градостроительства, путем ликвидации диспропорций в использовании территории и наметившегося дефицита удобных для освоения территориальных резервов. Этого можно достигнуть посредством соответствующего перепрофилирования сложившихся зон, определения границ и планировочных параметров территорий перспективного развития и изучения техногенных и индустриальных зон Новосибирска.

## **1. Постановка задачи**

Задачей санитарно-экологического анализа территории Новосибирска на современном этапе является определение зон с наиболее высокими показателями загрязнения городской среды, в частности селитебных территорий, и их согласование с системой сложившихся и прогнозируемых экологических связей. Для решения этой задачи разработана методика, основанная на комплексном анализе и оценке территории города, учитывая

основные техногенные факторы. Благодаря этой методике появится возможность нахождения наиболее экологически неблагоприятных участков и объектов в пределах этих участков как для Новосибирска, так и для других городов России.

## **2. Методика исследования. Выявление участков с наиболее высокими показателями экологического загрязнения городской среды Новосибирска**

Алгоритм выявления зон повышенного экологического риска на основе комплексной квалиметрической оценки территории Новосибирска по экологическому и техногенному критериям содержит следующую структуру:

1. Нанесение основных факторов, оказывающих негативное влияние на экологическую ситуацию в городе, на карту-схему его зонирования. При этом совмещаются карты Новосибирска [9] – Карта-схема зонирования территории; Комплексная карта-схема санитарно-экологического состояния населенного пункта следующим образом: а) на карту зонирования накладывается комплексная карта-схема санитарно-экологического состояния города, с которой все факторы и зоны негативного воздействия объектов переносятся на карту зонирования; б) карта зонирования дополняется условными обозначениями, перенесенными с комплексной карты-схемы санитарно-экологического состояния, вследствие чего карта зонирования приобретает другой характер, где прослеживается ситуация, от каких именно объектов капитального строительства исходит негативное воздействие на окружающую природную среду, в частности на жилые и другие зоны населенного пункта; в) после проведения этих операций получается новая карта, которой дается иное соответствующее название.

2. Комплексная квалиметрическая оценка территории Новосибирска по уровню потенциального риска негативного воздействия на экологию города, возникающего в результате функционирования промышленных предприятий в рамках индустриальных узлов: а) полученные зоны районов фактического и потенциального (при ЧС) воздействия рассматриваются в виде

комплексного показателя, отражающего степень экологической опасности влияния индустриальных узлов на территорию населенного пункта; б) с этой целью город разбивается на квадраты, исходя из расположения индустриальных узлов; в) эти квадраты нумеруются; г) для каждой такой элементарной территории (квадрата) находится комплексный показатель по формуле

$$d_i = \sum^n K \cdot K_{ij} \cdot y_j, \quad y_j = \text{const} = 1, \quad (*)$$

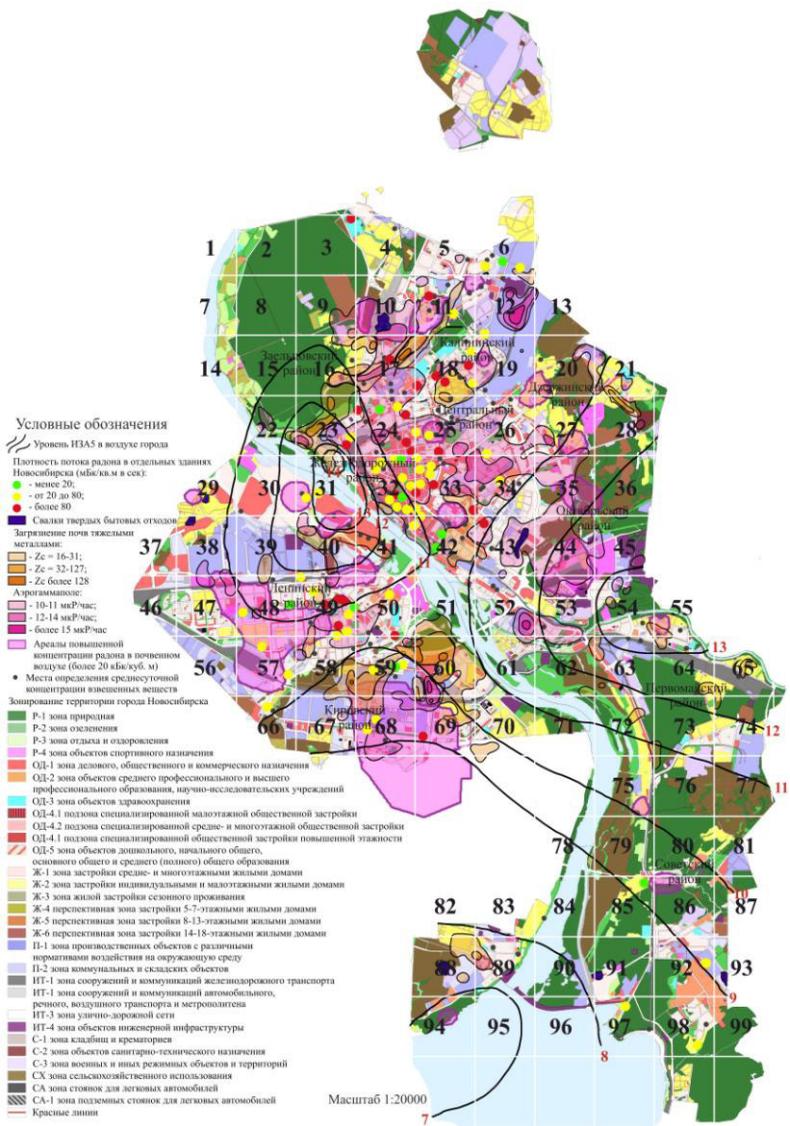
где  $d_i$  – фактическая оценка участка по фактору;  $K$  – уровень загрязнения;  $K_{ij}$  – коэффициент уровня загрязнения территории,  $i$  – номер участка;  $j$  – номер фактора;  $n$  – количество факторов;  $y_j$  – приоритет фактора, в данном случае все воздействия являются равноопасными, поэтому  $y_j = \text{const} = 1$ ;

д) составляется таблица с перечнем номеров каждой элементарной территории города, а также факторов негативного воздействия на экологию объектов, расположенных в индустриальных узлах этой территории; е) в таблицу заносятся результаты, полученные при подсчете комплексных показателей, учитывающих все техногенные факторы и зоны негативного воздействия на экологию.

3. По данным составленной таблицы, в которой указаны рассчитанные комплексные показатели, находятся наиболее опасные с экологической точки зрения элементарные участки территории города.

### **3. Результаты исследования. Комплексная квалитетрическая оценка территории города Новосибирска по экологическому и техногенному критериям**

Для комплексной квалитетрической оценки территории Новосибирска по уровню потенциального риска негативного воздействия производственных объектов на экологию города, составлена карта-схема, разбитая на элементарные территории, с нанесением факторов и зон негативного воздействия.



Комплексная экологическая карта-схема с указанием зон негативного воздействия различных факторов на селитебные территории Новосибирска

Пояснения к карте-схеме по каждому фактору:

1. ИЗА 5 – индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный по 5 приоритетным загрязняющим веществам. Значения ИЗА указаны с округлением до целых, с шагом через 1 единицу. Минимальное значение 7, максимальное 14.
  - 7–9 – 1-й уровень загрязнения (означает, что ПДК по взвешам превышена в 7–9 раз);
  - 10–12 – 2-й уровень загрязнения (ПДК по взвешам превышена в 10–12 раз);
  - 13–14 – 3-й уровень загрязнения (ПДК по взвешам превышена в 13–14 раз).
2. Плотность потока радона в отдельных зданиях – наличие или отсутствие, в пределах каждого квадрата, участков с концентрацией радона в отдельных зданиях в мБк/м<sup>2</sup>·с:
  - менее 20 – 1-й уровень загрязнения, означает, что в данном квадрате имеются здания с концентрацией радона менее 20 мБк/м<sup>2</sup>·с;
  - от 20 до 80 – 2-й уровень загрязнения (имеются здания с концентрацией радона от 20 до 80 мБк/м<sup>2</sup>·с);
  - более 80 – 3-й уровень загрязнения (имеются здания с концентрацией радона более 80 мБк/м<sup>2</sup>·с).
3. Свалки твердых бытовых отходов – наличие или отсутствие в пределах данного квадрата свалок твердых бытовых отходов.
4. Уровень загрязнения почв тяжелыми металлами – уровень загрязнения в каждом квадрате по комплексному показателю Zс:
  - Zс от 16 до 31 – 1-й уровень;
  - Zс от 32 до 127 – 2-й уровень;
  - Zс от 128 до 256 – 3-й уровень.
5. Аэрогаммаполе – уровень аэрогаммаполя в пределах каждого квадрата:
  - аэрогаммаполе от 10 до 11 мкР/ч – 1-й уровень загрязнения;
  - аэрогаммаполе от 12 до 14 мкР/ч – 2-й уровень загрязнения;
  - аэрогаммаполе от 15 до 25 мкР/ч – 3-й уровень загрязнения.

**6. Места определения среднесуточной концентрации взвешенных веществ** – среднесуточная концентрация взвешенных веществ в атмосфере данного квадрата, где ПДК взвешенных веществ принималась равной  $0,15 \text{ мг/м}^3$  воздуха. Чем больше концентрация в пределах каждого квадрата, тем больше уровень (превышение ПДК в разы):

- 1–3 – 1-й уровень загрязнения;
- 3–6 – 2-й уровень;
- 6–10 – 3-й уровень.

**7. Ареалы повышенной концентрации радона в почвенном воздухе** – наличие или отсутствие в пределах каждого квадрата участков с концентрацией радона в почвенном воздухе более  $20 \text{ кБк/м}^3$ .

Расчет комплексной квалиметрической оценки территории города по уровню потенциального риска негативного воздействия факторов и участков, возникающих в результате функционирования промышленных предприятий в рамках индустриальных узлов. На примере 24 квадрата рассмотрен расчет и дана фактическая оценка участка по всем факторам по формуле (\*).

Комплексная квалиметрическая 24 квадрата в итоге равна:

$$\begin{aligned} D_{24} &= \sum^4 K \cdot K_{24(1-7)} \cdot 1 = (K \cdot K_{241}) + (K \cdot K_{242}) + (K \cdot K_{245}) + (K \cdot K_{246}) = \\ &= (2 \cdot 11 + 2 \cdot 12) + (1 \cdot 1 + 2 \cdot 1,5 + 3 \cdot 3,7) + (1 \cdot 10 + 2 \cdot 12) + \\ &+ (1 \cdot 85 + 2 \cdot 10) = 46 + 15,1 + 105 + 11 = 177,1 \end{aligned}$$

Итак, в квадрате 24 имеется 4 загрязняющих фактора, которые суммируются, и таким образом находится комплексный показатель  $d_{24}$ , равный 177,1 балла.

В таблице приведен комплексный показатель каждой элементарной территории (квадрата) города Новосибирска в баллах, попадающей в зону проблемной экологической ситуации, полученной как результат суммарного воздействия отдельных факторов окружающей среды.

Комплексная квалиметрическая оценка  
территории Новосибирска

Номер квадрата	Факторы							Комплексный показатель (балл)
	1	2	3	4	5	6	7	
1	–	–	–	–	–	–	–	–
2	–	–	–	–	–	–	–	–
3	–	3	–	–	–	–	–	3
4	–	–	–	–	–	1	–	1
5	–	–	–	–	10	1	–	11
6	–	5	–	10	–	2	–	17
7	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	–	–	–	–	–	–	–
9	–	–	–	–	45	–	–	45
10	–	–	10	–	70	–	30	110
11	–	5	–	14	8	12	45	84
12	–	2	–	7	105	3	7	124
13	–	–	–	–	4	–	–	4
14	–	–	–	–	–	–	–	–
15	22	–	–	–	–	–	–	22
16	22	–	–	17	15	1	–	55
17	22	3,6	–	62	74	10	–	171,6
18	–	15,4	–	32	14	2	–	63,4
19	–	1	–	–	17	1	13	32
20	–	–	–	–	12	2	10	24
21	22	–	–	12	16	–	–	50
22	46	–	–	7	13	–	–	66
23	127	6	–	79	30	–	–	242
24	46	15,1	–	–	105	11	–	177,1
25	–	6,4	–	21	90	27	18	162,4
26	–	1,6	–	–	58	2	8	69,6
27	22	–	–	–	29	1	25	77
28	46	–	–	25	10	–	–	81
29	22	–	7	–	–	–	9	38
30	46	–	–	–	–	1	14	31
31	105	4	–	–	2	2,5	17	130,5
32	85	23,5	–	6	77	2	–	193,5

Продолжение табл.

Номер квадрата	Факторы							Комплексный показатель (балл)
	1	2	3	4	5	6	7	
33	–	17	–	18	66	2	14	117
34	22	4	–	1	89	3	–	119
35	46	–	–	–	48	–	31	125
36	46	–	–	–	6	–	9	61
37	–	–	–	–	–	–	–	–
38	22	–	6	–	11	1	4	44
39	46	–	–	12	–	–	–	58
40	85	1	–	26	14	2	21	149
41	85	1,5	–	14	9	8	11	128,5
42	22	4	–	27	25	3	9	90
43	22	3	8	6	49	1	–	89
44	46	–	–	–	82	1	44	173
45	63	–	–	–	13	–	–	76
46	–	–	–	–	–	–	–	–
47	–	–	–	–	16	–	25	41
48	22	3	–	6	7	1	81	120
49	22	21	–	10	27	1	37	118
50	22	4	–	1	18	2	7	54
51	22	–	–	27	–	–	–	49
52	22	–	–	–	53	2	–	77
53	46	–	–	–	42	1	29	118
54	63	–	–	5	13	1	2	84
55	39	–	–	15	–	2	20	76
56	–	–	–	–	–	–	1	1
57	–	4	–	–	–	–	82	86
58	20	1	–	38	13	2	9	83
59	20	5	–	73	4	10	24	136
60	20	2	–	181	37	–	–	240
61	22	–	–	–	6	–	–	28
62	46	–	–	10	11	–	–	67
63	85	–	–	14	–	2	–	101
64	63	–	–	11	–	2	–	76
65	24	–	–	16	–	1	–	41
66	20	2	–	–	–	1	–	23

Окончание табл.

Номер квадрата	Факторы							Комплексный показатель (балл)
	1	2	3	4	5	6	7	
67	29	–	–	5	3	–	2	39
68	29	4	–	22	32	1	100	188
69	29	3	–	27	22	–	78	159
70	42	–	–	3	–	–	–	45
71	22	–	–	–	–	–	–	22
72	22	–	–	9	–	–	–	31
73	46	–	–	6	–	–	–	52
74	46	–	–	5	–	–	–	51
75	20	–	–	–	–	–	10	30
76	22	–	–	5	–	–	–	27
77	22	–	–	–	–	–	–	22
78	29	–	–	–	–	–	–	29
79	29	–	–	–	–	–	–	29
80	20	–	–	–	–	–	3	23
81	–	–	–	–	–	–	–	–
82	8	–	–	–	–	–	–	8
83	17	–	–	–	–	–	–	17
84	9	–	–	–	–	1	–	10
85	29	1	–	–	–	–	3	33
86	29	–	–	–	–	–	14	43
87	20	–	–	–	–	–	–	20
88	15	–	9	24	–	–	–	48
89	15	–	–	22	–	2	9	48
90	17	–	2	–	–	–	–	19
91	9	–	6	–	–	–	–	15
92	9	2	–	–	–	–	–	11
93	9	–	15	–	–	–	–	24
94	15	–	–	–	–	–	10	25
95	15	–	–	–	–	–	–	15
96	17	–	–	–	–	–	–	17
97	17	2	–	–	–	1	–	20
98	9	–	–	–	–	1	–	10
99	29	–	–	–	–	–	–	29

## **Заключение**

При санитарно-экологической оценке территории Новосибирска, вследствие негативного влияния техногенных факторов окружающей среды, выявлены наиболее загрязненные селитебные зоны в пределах элементарных участков 23, 60, 32, 68, 24, 17, 25, 69, 40, 59, 31, 41, 35, 12, 48, 34, 54, 49, 33, 10, также определены основные источники загрязнения, среди которых выделены следующие промышленные предприятия: «Электроагрегат», завод им. Коминтерна, Новосибирский завод химконцентратов (НЗХК), завод ЖБИ, предприятия ТЭЦ, Новосибирский авиационный завод им. В.П. Чкалова, «Тяжстанкогидропресс» и др.

Урбанизация концентрирует производство в больших городах и вместе с этим разрушает систему нормативов, определяющих размещение промпредприятий и их безопасность. При расползании города существующие промышленные объекты окружаются застройкой, а новые предприятия отрицательно воздействуют на соседние поселения. Возникает ситуация, когда заселенные пространства перекрываются сомкнувшимися зонами влияния городов и их промышленных комплексов [10]. При этом санитарно-защитные зоны рассматриваются как резерв для застройки, под новую застройку используются территории закрывающихся производственных комплексов, новые производства создают неизвестные виды загрязнений, при которых санитарно-защитные зоны малоэффективны.

В Новосибирске имеет место наращивание промышленного потенциала на индустриально насыщенной территории и соответственно увеличивается объем штатного и аварийного (возникающего при ЧС) неблагоприятного воздействия на прилегающие территории. Но при разработке генеральных планов городов России в настоящее время недостаточно учитываются все факторы максимального сохранения экологически безопасной среды городов. В этих условиях одной из существенных задач для Новосибирска становится не только технологическое совершенствование производственных процессов, снижающее степень вредного воздействия на окружающую среду и риск аварий, но и соответствующее территориальное планирование,

включающее, помимо оптимального размещения новых предприятий и реновации действующих, также и планировочную корректировку сложившейся среды населенных пунктов с позиций минимизации ущерба от потенциально возможных аварий.

Градостроительная наука предлагает решать проблемы производства выводом из города производств-загрязнителей, перепрофилированием экологически вредных предприятий, созданием научно-производственных объектов инновационного направления и т.д. Но выводить градообразующие производства за город не логично, а многие производства невозможно перепрофилировать. Поэтому основным шагом к улучшению качества среды является стимулирование инноваций в градостроительстве: внедрение прогрессивных технологий, направленных на улучшение экологической ситуации [11]. Это обосновывает необходимость экологизации энергетики, которая может проходить поэтапно: совершенствование сложившегося энергокомплекса, разработка альтернативных технологий, формирование новой энергетики будущего [12].

### Список литературы

1. *Миркин, Б. М., Наумова, Л. Г.* Экология России. – Москва : АО МАС, 1996. – 272 с.
2. *Лужков, Ю. М.* Экологические проблемы крупных городов и пути их решения // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – № 9. – С. 4–9.
3. *Дрожжин, Р. А., Благиных, Е. А.* Методология и особенности реновации промышленных зон в индустриальных городах юга Западной Сибири // Изв. вузов. Строительство. – 2018. – № 4. – С. 95–103.
4. *Холоденко, А. В.* Докучаев В.В. и его последователи об охране степных ландшафтов // Вестник ВолГУ. Сер. 11. – 2011. – № 1 (1). – С. 67–71.
5. *Фокин, А. В., Коломиец, А. Ф.* Экологическая обстановка в Новосибирской области // Природа. – 2008. – № 3. – С. 19–41.
6. *Olsson, S., Malmqvist, T., Glaumann, M.* Managing sustainability aspects in renovation processes: Interview study and outline

of a process model // Journal sustainability. – 2015. – No. 7. – P. 6336–6352.

7. *Кайль, Я. Я., Федин, С. В.* Анализ и оценка влияния результатов деятельности промышленных предприятий на экологическую комфортность проживания населения города // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 5, ч. 2. – С. 339–344.
8. *Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Новосибирской области в 2015 году»*. – Новосибирск, 2016. – 223 с.
9. *Мэрия города Новосибирска / департамент строительства и архитектуры : официальный сайт [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: <http://dsa.novo-sibirsk.ru/ru/site/1559.html>
10. *Микулина, Е. М., Благовидова, Н. Г.* Архитектурная экология : учебник. – Москва : Академия, 2013. – 256 с.
11. *Градостроительная доктрина Российской Федерации / коллектив авторов, рук. Г. В. Есаулов*. – Москва : Экономинформ, 2014. – 30 с.
12. *Тетиор, А. Н.* Архитектурно-строительная экология : учеб. пособие. – Москва : Академия, 2008. – 368 с.

## **ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫПРАВОЧНО- ПОДБИВОЧНО-РИХТОВОЧНЫХ МАШИН НЕПРЕРЫВНО-ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ**

**А.В. Зайцев<sup>\*</sup>, А.Б. Виноградов<sup>\*\*</sup>**

Разработаны модели комплексных организационно-технологических показателей эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочных машин непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM на основе анализа натуральных испытаний в реальных условиях эксплуатации при проведении различных видов ремонта и текущего содержания железнодорожного пути, а также представлены основные характеристики эксплуатации Duomatic 09-32 CSM.

Ключевые слова: показатели эксплуатации, надежность, путевая выправочно-подбивочно-рихтовочная машина.

### **Введение**

В современных условиях становятся востребованными новые методы, технологии и модели, которые могут способствовать снижению себестоимости строительной продукции и повышению рентабельности работы организаций. Одним из основных факторов повышения эффективности при строительстве, ремонте и текущем содержании пути является формирование технологических комплексов машин.

Создание информационных баз фактических натуральных испытаний, технических и экономических показателей машин, комплектов и систем в реальных условиях эксплуатации способствует оптимизации путевых работ с заданной надежностью при строительстве, ремонте и текущем содержании железнодорожного пути.

В настоящее время созданная база данных по результатам натуральных испытаний выправочно-подбивочно-рихтовочных машин непрерывно-циклического действия позволяет оптими-

---

<sup>\*</sup> Ст. преподаватель кафедры подъемно-транспортных, путевых, строительных и дорожных машин СГУПС

<sup>\*\*</sup> Д-р техн. наук, профессор кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

зировать показатели надежности работы парков, комплектов и отдельных машин.

Основными комплексными показателями работы выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия являются время работы, ч; время технологических перерывов, ч; время простоев, ч; коэффициент использования по времени, полученный при ежемесячном анализе по результатам обработки ее натуральных испытаний [1–7].

Конструктивная схема машины Duomatic 09-32 CSM представлена на рис. 1, основные технические характеристики, виды, периодичность и продолжительность технических обслуживаний, выполняемых при сезонной эксплуатации машины, – в табл. 1, 2. Для данных машин характерна сезонная эксплуатация в соответствии с годовым объемом работ [8].

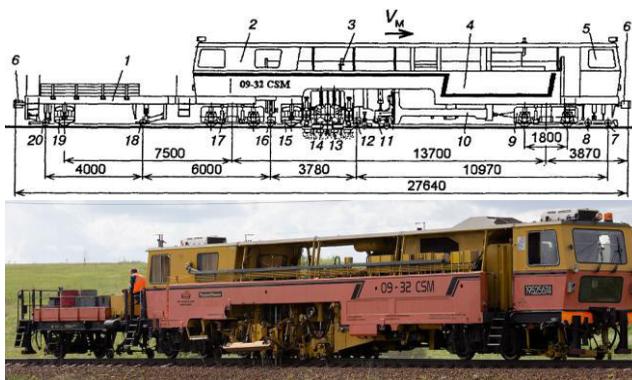


Рис. 1. Конструктивная схема и фотография выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM [8]:

1 – полуприцепная платформа; 2, 5 – кабины машиниста и оператора; 3 – нивелировочная контрольно-измерительная система; 4 – корпус с силовым агрегатом, трансмиссией, гидropередачей, тормозной системой; 6 – автосцепки; 7, 12, 16, 18, 20 – передняя, измерительная, контрольно-измерительная, контрольная и задняя тележки контрольно-измерительной системы; 8 – каток мерный с датчиком пути; 9, 17 – тяговая и бегунковая ходовые тележки; 10 – спутник; 11 – устройство подъемно-рихтовочное; 13 – блок подбивочный; 14 – уплотнители балласта у торцов шпал; 15, 19 – приводные колесные пары спутника и платформы

Таблица 1

Основные технические характеристики машины  
Duomatic 09-32 CSM [8]

Параметр	Значение
Ширина колеи, мм	1520
Производительность $L$ , км/ч	2,3...2,6
Годовой объем работ $Q$ , км/год	360
Годовой фонд времени работы машины $T_r$ , ч/год	576

Таблица 2

Виды, периодичность и продолжительность технических  
обслуживаний, выполняемых при сезонной эксплуатации машин  
Duomatic 09-32 CSM [8]

Вид технического обслуживания	Периодичность технического обслуживания	Продолжительность технического обслуживания $t_i$ , ч
Ежедневное техническое обслуживание (ЕО)	Ежедневно независимо от наработки	0,5
Первое техническое обслуживание (ТО-1)	15 км подбитого пути	4
Второе техническое обслуживание (ТО-2)	60 км подбитого пути	14
Сезонное техническое обслуживание (СО)	Перед началом сезона работ и после его окончания	13

### 1. Постановка задачи

Для анализа работы машины Duomatic 09-32 CSM собрана информация о ее работе в реальных производственных условиях (время работы, технологических перерывов и простоев машин, коэффициент использования по времени). При этом для случайных величин была проведена логическая и математическая обработка статистической информации [9–15]. Показатели работы машины приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочной  
машины непрерывно-циклического действия  
Duomatic 09-32 CSM

Показатель	Обозначение	Поле
Марка машины	Марка	<i>Marka</i>
Заводской номер машины	<i>Nz</i>	<i>Nz</i>
Месяц	Месяц	<i>Mes</i>
Календарный фонд времени	$T_{\phi}$	$Tf$
Время работы, ч	$T_p$	$Tr$
Продолжительность технологических перерывов, ч	$T_{\text{тп}}$	$T_{\text{тп}}$
Продолжительность простоев, ч	$T_{\text{п}}$	$T_p$
Коэффициент использования по времени	$K_{\text{в}}$	$K_v$

## 2. Результаты расчетов

В табл. 4 приведены параметры выборок времени работы, времени технологических перерывов, времени простоев и коэффициентов использования по времени выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM.

Таблица 4

Характеристика выборки времени работы, технологических перерывов, времени простоев и коэффициентов использования по времени выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM

Показатель	Величина			
	$T_p$	$T_{\text{тп}}$	$T_{\text{п}}$	$K_{\text{в}}$
Фактор				
Количество опытов	1296	1296	1296	1296
Количество связей	3	3	3	3
Уровень значимости	0,05	0,05	0,05	0,05
Минимальное значение фактора	77	5,1	13,2	0,3105
Максимальное значение фактора	121	12,3	51,1	0,5042

Окончание табл. 4

Показатель	Величина			
	Выборочное среднее значение фактора	98,3	8,90	29,3
Среднее линейное отклонение фактора	5,961	0,9599	4,895	0,0247
Среднее квадратическое отклонение фактора	7,436	1,233	6,070	0,03071
Стандартное отклонение фактора	7,439	1,234	6,102	0,03072
Средняя квадратическая ошибка фактора	0,207	0,034	0,170	0,00085
Ошибка, % от среднего значения фактора	0,210	0,385	0,578	0,213
Эмпирическая дисперсия выборки	55,33	1,52	37,24	0,00094
Вариации отклонения от среднего значения	35,53	0,921	23,96	0,00061
Риск отклонения от среднего значения	5,96	0,960	4,895	0,025
Коэффициент вариации	0,076	0,139	0,208	0,077
Вычисленное значение критерия Пирсона	6,23	7,73	7,89	7,25
Табличное значение критерия Пирсона	8,13	8,13	8,13	8,13
Количество интервалов	10	10	10	10

По данным табл. 4 можно сделать вывод, что время работы, продолжительность простоев, технологических перерывов и коэффициент использования машины по времени подчиняются закону нормального распределения, так как вычисленные значения критерия Пирсона для этих показателей меньше соответствующих табличных значений. По полученным результатам в дальнейшем производилась оценка и обоснование надежности эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия, а также оценка достоверности полученных результатов.

На рис. 2 и 3 показаны плотность распределения вероятности и надежность работы выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM, полученные при ежемесячном анализе результатов натуральных испытаний.

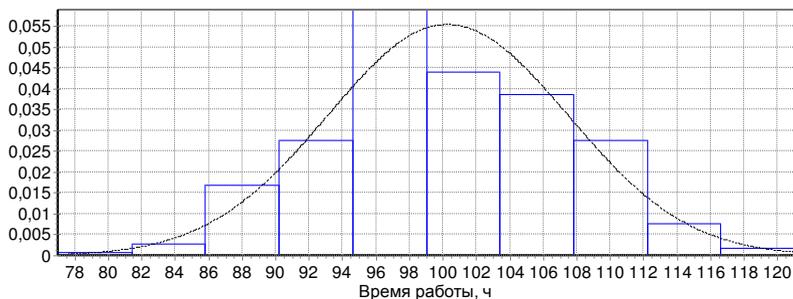


Рис. 2. Плотность распределения вероятности времени работы выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM

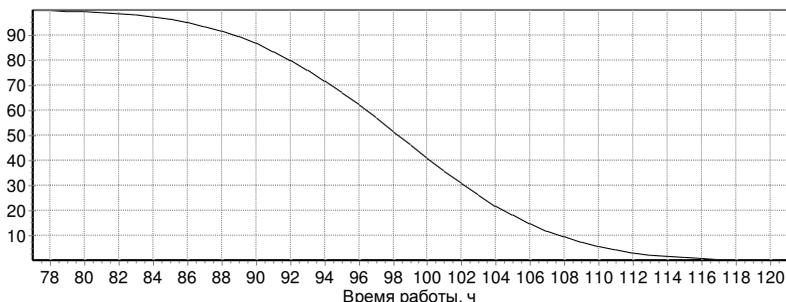


Рис. 3. Надежность работы выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM

На рис. 4, 5 показаны плотность распределения вероятности и надежность продолжительности простоев выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM.

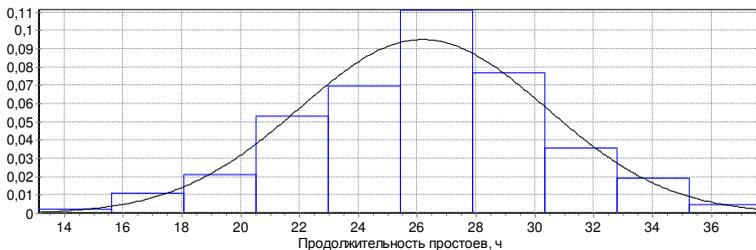


Рис. 4. Плотность распределения вероятности продолжительности простоев выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM

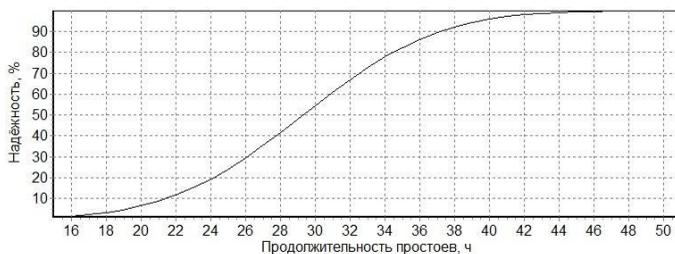


Рис. 5. Надёжность продолжительности простоев выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM

На рис. 6 и 7 показаны плотность распределения вероятности и надёжность коэффициента использования по времени выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM.

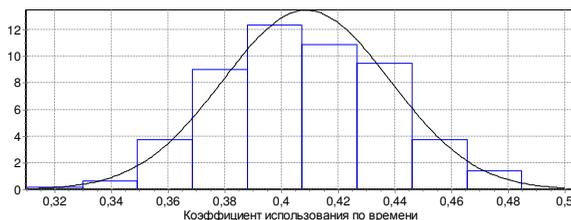


Рис. 6. Плотность распределения вероятности коэффициента использования по времени выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM

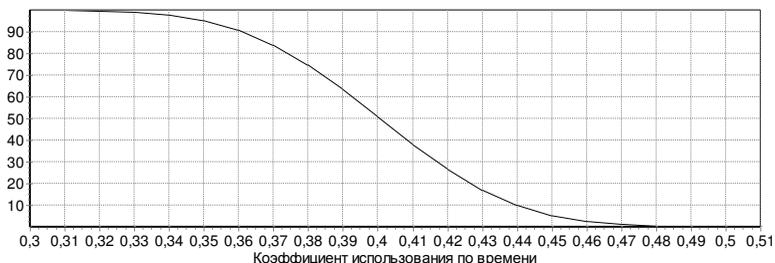


Рис. 7. Надежность коэффициента использования по времени выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия Duomatic 09-32 CSM

### Заключение

1. Многофакторные модели комплексных показателей надежности работы машины Duomatic 09-32 CSM позволяют с большей обоснованностью планировать ее ритмичную работу, точнее определять время (сроки, длительность) производства работ, что сказывается на снижении стоимости и повышении качества при строительстве, ремонте и текущем содержании пути.

2. Разработка моделей для обоснования надежности различных технологических процессов позволяет установить рациональную область применения машины Duomatic 09-32 CSM, сократить время принятия решений при строительстве, ремонте и текущем содержании пути.

3. Предложены модели для обоснования управленческих решений применения машины Duomatic 09-32 CSM, которые с учетом надежности ее работы, при создании инвестиционных проектов, календарных планов и порядка строительства, ремонта и текущего содержания пути, позволяют принимать решения с реальной надежностью.

### Список литературы

1. Анферов, В. Н., Зайцев, А. В. Обоснование применения рабочего органа с горизонтальными роторами на щебнеочи-

- стительных машинах СЧ-601 // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 30. – С. 55–59.
2. *Глотов, В. А., Мокин, Н. В., Филатов, А. П.* К обоснованию параметров пневмотранспортной машины для уборки снега с междупутей станций // Совершенствование средств механизации путевых, строительных и погрузочно-разгрузочных работ. – Новосибирск : СГУПС, 2001. – С. 32–39.
  3. *Глотов, В. А., Зайцев, А. В., Кузнецов, С. М.* Модели эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочных машин // Научно-исследовательские публикации. – Воронеж, 2014. – № 13 (17). – С. 16–25.
  4. *Глотов, В. А., Зайцев, А. В.* Обоснование применения рабочего органа для уплотнения балласта на плече и откосах балластной призмы на машинах ВПР // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 30. – С. 60–64.
  5. *Глотов, В. А., Зайцев, А. В.* Эффективность применения планировщика балластной призмы // Экономика железных дорог. – 2017. – № 1. – С. 59–63.
  6. *Глотов, В. А.* Осаждение снега в емкости уборочной машины // Вопросы создания и модернизации строительных и путевых машин : сборник научных трудов. – Новосибирск : Изд-во СГАПС, 1994. – С. 12–18.
  7. *Анферов, В. Н., Кузнецов, С. М., Васильев, С. И.* Оценка надежности работы бульдозеров // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 3. – С. 16–21.
  8. *Путевые машины : учебник для вузов ж.-д. транс. / под ред. С. А. Соломонова.* – Москва : Желдориздат, 2000. – 756 с.
  9. *Кузнецов, С. М., Кузнецова, К. С., Суворов, А. Д., Маслов, И. А.* Автоматизированная система формирования парка строительных машин // Жилищное строительство. – 2007. – № 3. – С. 8–10.
  10. *Кузнецов, С. М., Лизунов, Е. В., Щербаков, А. В.* Вероятностная модель работы многоступенчатых гидротранспортных систем // Изв. вузов. Строительство. – 2006. – № 9. – С. 33–41.

11. *Кузнецов, С. М., Кузнецова, К. С., Сироткин, Н. А.* Комплексная оценка организационно-технологической надежности работы парка строительных машин // Экономика железных дорог. – 2007. – № 4. – С. 68–76.
12. *Кузнецов, С. М., Глотов, В. А., Зайцев, А. В.* Модели надежности эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочных машин ВПР-02 // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. – № 4. – С. 58–63.
13. *Кузнецов, С. М., Зайцев, А. В.* Надежность выправочно-подбивочно-рихтовочных машин // Путь и путевое хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 19–22.
14. *Кузнецов, С. М., Зайцев, А. В.* Обоснование показателей эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочных машин ВПР-02 и ВПРС-02 // Экономика железных дорог. – 2014. – № 3. – С. 80–90.
15. *Кузнецов, С. М., Зайцев, А. В.* Оценка технической надежности эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочных машин ВПР-02 // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. – № 2. – С. 45–49.

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРАКТИКИ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОЙ УРБАНИСТИКИ**

**Д.В. Карелин<sup>\*</sup>, А.Г. Куриленко<sup>\*\*</sup>**

В статье рассматриваются функциональная классификация и успешные практики развития подземной урбанистики, приведен анализ опыта Москвы в освоении подземного пространства. Существующая классификация дополняется категорией общественных многофункциональных комплексов, вводятся понятия «модуль подземного пространства» и «подземный планировочный кластер».

Ключевые слова: подземная урбанистика, классификация подземных объектов, подземные многофункциональные комплексы, подземное пространство города.

### **Введение**

В условиях развития современного общества большое значение имеет урбанизация крупных и крупнейших городов России, которая обусловлена значительным увеличением численности городского населения, интенсивным ростом городов и городских агломераций. В связи с этим возникает ряд проблем: возрастает потребность в дополнительных территориях; уменьшается количество пригодных земель для застройки; территории, представляющие природную ценность, зачастую изымаются под строительство; ограничения, связанные с охранными зонами объектов культурного наследия, влияют на темпы развития городских центров; возрастает уровень мобильности граждан; возникает необходимость увеличения эффективности сбережения энергетических ресурсов. Следовательно, необходимо задать принципиально иное направление развитию урбанистики, которое создаст предпосылки для формирования новой, более

---

<sup>\*</sup> Канд. архитектуры, доцент кафедры градостроительства и городского хозяйства НГАСУ (Сибстрин)

<sup>\*\*</sup> Магистрант кафедры градостроительства и городского хозяйства НГАСУ (Сибстрин)

экологически безопасной и социально комфортной городской среды. Одним из таких направлений является освоение подземного пространства, что при соответствующем уровне его пространственной организации и достаточно высокой степени развития его планировочной структуры позволит организовать полноценную городскую среду, отвечающую быстрым темпам развития общества в условиях высокоразвитой инфраструктуры. Это является одним из обосновывающих факторов развития подземного строительства в структуре градостроительного планирования. На данном этапе развития норм технического регулирования нет комплексных методик и подходов к организации подземного пространства как обязательного элемента архитектурно-планировочной среды. В документации по планировке территории на данном этапе нормативно-правового развития не разрабатывается совокупность разделов, посвященных освоению подземного пространства как полноценного звена городской структуры.

Таким образом, **актуальной** является проблема выявления единого научного подхода к подземному пространству как к планировочному элементу урбанизированных территорий в России. Также возникает вопрос разработки принципов и методик формирования пространственной организации и развития подземных объектов. Решение поставленных задач актуально как в научном, так и в практическом аспектах.

**Целью статьи** является изучение отечественного и зарубежного опыта проектирования и строительства городских подземных сооружений по каждому типу объектов, располагаемых ниже уровня земли.

**Новизной работы** является введение в научный оборот обобщенной классификации на основе выполненного анализа.

### **Основная часть**

Наиболее крупные работы, посвященные подземной урбанистике, обобщают подземные объекты по следующим критериям:

– функциональное назначение (инженерно-транспортные, общественные, зрелищные и др.);

- расположение относительно планировочной отметки (мелкого и глубокого заложения);
- моно-, полифункциональность;
- расположение относительно наземного строения (отдельно стоящие или встроенные и т.д.);
- габариты сооружения;
- юридический принцип (уникальные и массового строительства).

Г.Е. Голубев по функциональному признаку выделяет следующие типы подземных объектов [1]:

- инженерно-транспортные сооружения: пешеходные и транспортные тоннели; автостоянки не ниже 10 м относительно уровня земли; станции и вестибюли метрополитена, скоростного трамвая и другие;

- предприятия торговли и общественного питания: торговые павильоны и подсобные помещения буфетов, столовых и ресторанов; помещения приема стеклопосуды; пищеблоки некоторых организаций, за исключением дошкольных и общеобразовательных учреждений; продовольственные и хозяйственные магазины торговой площадью до 400 м<sup>2</sup>; помещения фармацевтической торговли; некоторые отделы магазинов, торговых центров и рынков и другие;

- зрелищные, административные и спортивные здания и сооружения: кинотеатры, конференц-залы, лекционные аудитории, актовые залы с числом мест не более 300; выставочные галереи, демонстрационные залы с числом посетителей не более 300; траурные залы; бассейны, спортивные залы без трибун для зрителей, фитнес-центры, бильярдные; гардеробные, специальные помещения театров, хозяйственные помещения учреждений, архивы и другие;

- объекты коммунально-бытового обслуживания и складского хозяйства: предприятия бытового обслуживания, за исключением парикмахерских и косметических кабинетов; ателье, фотостудии; морги; пункты проката оборудования; солярии, сауны

и умывальные; продуктовые и промтоварные кладовые, помещения для хранения сырья, холодильные и морозильные камеры, емкости и резервуары; мастерские, инвентарные, ремонтные; помещения для замкнутых систем телевидения и другие;

– объекты промышленного назначения и энергетики: специальные лаборатории, лаборантские, производственные здания, помещения легкой промышленности, металлообработки, теплоэлектростанции, компрессорные, дистилляционные, склады и хранилища на производствах и другие;

– сети и объекты инженерного оборудования: инженерные трубопроводы, тепловые камеры, коммуникационные каналы, термостатные, венткамеры, насосные систем водоснабжения и водоотведения, помещения систем кондиционирования, узлы управления, серверные, электрощитовые, сооружения для водозабора и очищения вод и другие.

Городом, который совмещает в своей структуре все типы подземных объектов, является столица Финляндии Хельсинки. На сегодня этот город один из лидеров в мире по подземному строительству.

Важным преимуществом финской столицы является то, что скальные породы, на которых построен город, залегают на небольшой глубине. Она составляет от 0 до 70 м, но среднее значение – 7 м [2]. Определяющим фактором являются и свойства скальных оснований, преимущественная часть которых относится к докембрийским скальным породам.

Сегодня Хельсинки – это город, под которым освоено около 10 млн м<sup>3</sup> пространства, действует свыше 400 сооружений, пролегал порядка 220 км туннелей технического назначения и 24 км водных туннелей [3]. Это один из немногих городов мира, в котором разработан грамотный план развития пространства города ниже уровня земли. Подземный генеральный план Хельсинки – это основной документ, регулирующий все процессы по управлению подземными строительными работами (рис. 1).

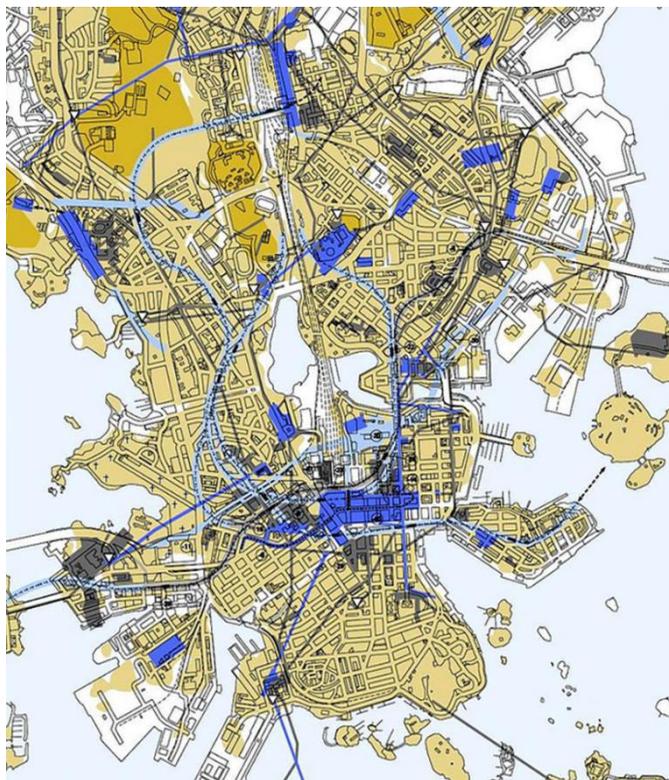


Рис. 1. Фрагмент подземного генерального плана Хельсинки 2014 г.  
Цвета выделены:

-  – маршруты для прокладки новых туннелей;
-  – участки, предусмотренные для перспективного подземного освоения;
-  – подземные туннели и объекты строительства;
-  – участки без определенного назначения с перспективой строительства;
-  – участки, где горные породы залегают на глубину менее 10 м

Наиболее известные объекты подземной структуры столицы Финляндии:

– подземный бассейн в скале Itäkeskus, расположенный на глубине 11 м, имеет два подземных уровня. Он рассчитан на 1 тыс. посетителей, в год число посетителей составляет 400 тыс. человек. В случае чрезвычайной ситуации способен обеспечить 3800 чел. безопасным убежищем [2];

– церковь Tempeliaukio, построенная в 1989 г., представляет собой пространство, вырубленное в массиве гранитного камня, имеющее купольное покрытие. Купол выполнен из меди и опирается на железобетонные балки, которые в свою очередь передают нагрузки на гранитные стены. Между балками предусмотрены 180 световых проемов по всему периметру покрытия, тем самым обеспечивая внутреннее пространство храма естественным освещением на протяжении всего дня [4];

– подземный комплекс Asematunneli, имеющий протяженную конфигурацию, представляет собой туннель с торговыми киосками, павильонами, различными служебными и административными помещениями. Также этот объект является транспортно-пересадочным узлом, соединяя железнодорожный вокзал, наземный торговый центр и станцию метро в центральной части города. При строительстве данного сооружения был использован метод проходки, что позволило в полной мере обеспечить сохранность объектов культурного наследия, расположенных на прилегающих территориях [5].

Таким образом, высокий уровень подземного планирования, стремление сохранить исторический облик города, ограниченные территориальные ресурсы, качество скальных оснований и другие факторы позволили организовать в Хельсинки урбанизированные подземные объекты, которые объединены высококачественными связями, образуя единый элемент городской среды с развитой инфраструктурой.

Примером города с высокой степенью организации подземного пространства является Торонто, расположенный в южной части Канады. Его подземная структура представляет собой

крупнейший комплекс пешеходных туннелей под названием Path (рис. 2) протяженностью около 30 км, включающий в себя 371,6 тыс. м<sup>2</sup> площади, отведенной под коммерческие организации. Также Path является и транспортно-пересадочным узлом, поскольку соединяет пять станций метро и более десятка автобусных и трамвайных остановок в центре города. В день среднее число посетителей подземного комплекса, прибывших на метро, составляет 165 тыс. чел. Поскольку общее количество людей, спустившихся в туннельную систему, составляет от 200 тыс. и выше, наиболее востребованными точками являются станции метро [6]. Важной составляющей системы являются 50 высотных зданий, расположенных в этой части города, точнее, их подземные пространства, которые включены в систему туннелей. Данный фактор позволяет обеспечить высокий уровень инфраструктуры и качественное обслуживание граждан.

Подземная система Path отличается своим историческим формированием с 1900 г., когда был построен первый туннель, соединивший два здания, образовав торговый узел города [6]. Через полвека в Торонто началось строительство метрополитена, а в последующем параллельно велось расширение подземной системы пешеходных туннелей. Это связано с осложнившейся ситуацией по обеспечению наземного пешеходного сообщения в центральной части города [7].

В настоящее время строительство пешеходного комплекса Path не окончено, имеются перспективные программы, которые направлены на развитие системы подземных туннелей. В структуре градостроительного планирования Торонто большое внимание уделяется строительству ниже уровня земли, что дает возможность создавать высокоурбанизированную городскую среду с развитой инфраструктурой, отвечающей современным стандартам.

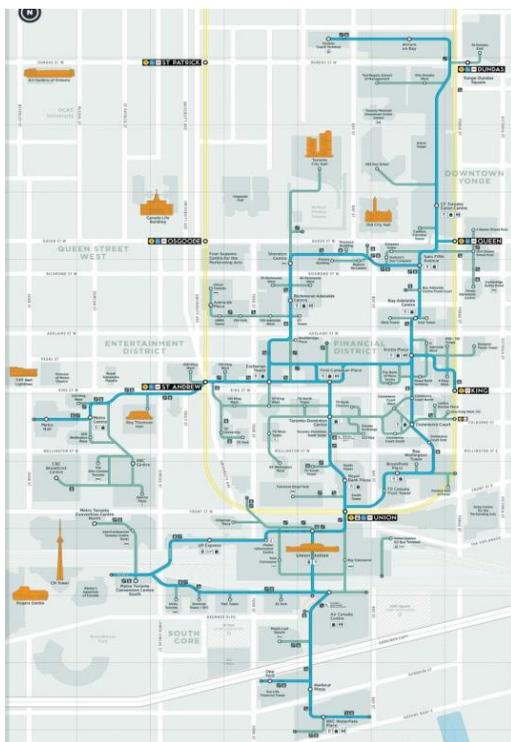


Рис. 2. Карта сети Path в Торонто

В России на данный момент нет города, в котором подземное пространство было бы развито на высоком уровне, но все же стоит отметить Москву и Санкт-Петербург.

В настоящее время подземные объекты в столице Российской Федерации носят преимущественно точечный характер и представлены различными гаражными помещениями, предприятиями и организациями, с отсутствием структурированных связей и сообщений между собой. Это связано с тем, что при их строительстве не разрабатывалась единая концепция развития подземного пространства города.

Не лучшим образом обстоит ситуация и с московским метро. Оно является одним из наиболее эксплуатируемых в мире, а плотность линий метрополитена столицы составляет  $0,25 \text{ км/км}^2$ .

Этот показатель в несколько раз меньше, чем во многих развитых городах.

Автотранспортные туннели Москвы не соответствуют современному уровню спроса, 50 % из них перегружены. Пешеходными туннелями город обеспечен на 30–40 % [8].

В последнее время наметились некоторые тенденции развития системы пространства столицы ниже уровня земли. В 2008 г. была утверждена программа подготовки к комплексному освоению подземного пространства Москвы, которая имела структурный подход к решению проблем, связанных с подземной урбанистикой [9]. Реализации программы помешал экономический кризис, а также другие проблемы того времени [10].

В 2010 г. в Москве разработан Генеральный план, предусматривающий развитие подземного пространства в целях сохранения открытых пространств и объектов культурного наследия, организации высокого уровня транспортной и пешеходной взаимосвязи между различными объектами, усовершенствования городской инфраструктуры [11].

Большое внимание подземной урбанистике уделено в государственной программе «Градостроительная политика» Москвы. Одной из основных ее задач является развитие многофункциональных общественных пространств ниже уровня земли с разработкой проектных решений [12]. По итогам данной программы до конца 2017 г. в структуру актуализированного Генерального плана включена 41 территория для расположения объектов подземного уровня [13]. В дальнейшем развитие подобных программ позволит создать структурированный подземный генеральный план, что в свою очередь даст возможность формирования благоприятных условий для усовершенствования городской инфраструктуры.

### **Заключение**

Без комплексной организации системы подземного пространства, являющейся многофункциональным связующим звеном, город сложно назвать высокоурбанизированным. Повсеместного наличия точечных объектов, расположенных ниже планировочного уровня, недостаточно для того, чтобы мегаполис

стал экономически эффективным городом, в котором обеспечено комфортное и безопасное проживание всех групп населения. Из чего следует, что представленную выше классификацию подземных объектов необходимо дополнить таким видом, как общественные многофункциональные комплексы. Эта категория явилась следствием объединения, в той или иной степени, других типов подземных сооружений. Следовательно, ее можно подразделить на комплексы преимущественно транспортно-пересадочной, торгово-общественной, социально-обслуживающей или культурно-зрелищной функции. Также целесообразно дать определение следующим понятиям: модуль подземного пространства – объект либо группа объектов, расположенных ниже уровня земли, объединенных в соответствии с признаками пространственно-планировочной организации; подземный планировочный кластер – сгруппированные модули подземного пространства по принципам сопряжения функциональной зоны.

#### Список литературы

1. *Голубев, Г. Е.* Подземная урбанистика и город : учеб. пособие. – Москва : ИПЦ МИКХиС, 2005. – 124 с.
2. *Демидова, Е. В.* Опыт подземного строительства в городе Хельсинки // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2015. – № 1. – С. 9–14.
3. *Vähäaho, I.* Underground space planning in Helsinki // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2014. – Vol. 6 (5). – P. 387–398.
4. *Mehtälä, M.* Rectification to the design history of the Temppeliaukio Church. 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.temppeliaukio.fi/english/artikkeli1.htm>
5. *Kivekäs, O.* Asematunnelin asemakaava. 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://otsokivekas.fi/2010/11/aseamatunnelin-asebakaava/>
6. *Van Acker, M., Bergers, J.* The path Toronto: een lichtend pad in de duisternis van ondergrondse stadsontwikkeling // Vlaamse Vereniging voor Ruimte en Planning (VRP). – 2017. – Vol. 34. – P. 56–61.

7. *Чебинева, А. И., Чебинева, Е. В.* РАТН – «подземный город» Торонто // Известия Казанского гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2017. – № 4. – С. 68–76.
8. *Теличенко, В. И., Зерцалов, М. Г., Конюхов, Д. С.* Состояние и перспективы освоения подземного пространства г. Москвы // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4–4. – С. 24–36.
9. *О городской* программе подготовки к комплексному градостроительному освоению подземного пространства города Москвы на период 2009–2011 гг. [Электронный ресурс] : постановление Правительства Москвы от 18.11.2008 № 1049-ПП в ред. от 27.10.2009 №1151-ПП. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/3694212>
10. *О Генеральном* плане города Москвы [Электронный ресурс] : изм. на 27.12.2017 : закон города Москвы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/3719130>
11. *Об утверждении* Государственной программы города Москвы «Градостроительная политика» [Электронный ресурс] : изм. на 27.03.2018 : постановление Правительства Москвы от 03.10.2011 № 460-ПП. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/537907467>
12. *Отчет* о реализации в 2017 году Государственной программы города Москвы «Градостроительная политика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.mos.ru/upload/documents/files/Poyasnitelnayazapiskakgodovomyotchet\\_yza2017godpoGPGradostroitelnayapolitika.pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/files/Poyasnitelnayazapiskakgodovomyotchet_yza2017godpoGPGradostroitelnayapolitika.pdf)

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАЗВИТИЯ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Д.В. Карелин<sup>\*</sup>, А.А. Цехоцкая<sup>\*\*</sup>

На основе негативного опыта предыдущих программ Новосибирска по развитию застроенных территорий, предложена адаптация индекса качества городской среды на региональный уровень. Разработаны практические рекомендации по расчету индекса качества планировочных кварталов и приведен пример расчета территории в Заельцовском районе Новосибирска, в отношении которой принято решение об устойчивом развитии.

Ключевые слова: градостроительство, проект планировки, устойчивое развитие застроенных территорий, индекс качества городской среды, аварийный жилой фонд.

### Введение

**Актуальность** проблемы комплексного и устойчивого развития территорий в Новосибирске обусловлена высокими темпами прироста непригодного для проживания жилого фонда и отсутствием градостроительных регламентов, учитывающих особенности застроенных территорий, а также растущим объемом ввода многоквартирных жилых домов одновременно с сокращением резервных земельных участков для строительства.

Отдельные вопросы, связанные с инвестициями при развитии застроенных территорий и их управлением, рассматривались в научных работах отечественных ученых, таких как О.Б. Хохлов, И.Л. Слепухина, П.Н. Садчиков, Т.В. Теличенко, градостроительные аспекты рассматривались в работе В.Г. Хайкина.

**Научная новизна** данного исследования состоит в адаптации критериев оценки индекса качества городской среды на региональный уровень. Практическая значимость работы заклю-

---

<sup>\*</sup> Канд. архитектуры, доцент кафедры градостроительства и городского хозяйства НГАСУ (Сибстрин)

<sup>\*\*</sup> Магистрант кафедры градостроительства и городского хозяйства НГАСУ (Сибстрин)

чается в том, что разработанные рекомендации по расчету индекса качества территорий комплексного и устойчивого развития позволят оценить инвестиционную привлекательность участков и увеличить эффективность воспроизводства объектов недвижимости.

**Основной целью** настоящей статьи является адаптация индекса качества городской среды к планировочным кварталам и разработка практических рекомендаций по его расчету.

### **1. Постановка задачи**

В соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации, устойчивое развитие территорий формулируется как обеспечение при осуществлении градостроительной деятельности безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений [1].

В 2012 г. в Новосибирске была разработана ведомственная целевая программа по развитию застроенных территорий, основной целью которой являлось привлечение строительных компаний к освоению территорий, занятых ветхим и аварийным жилым фондом [2]. Застройщикам было предложено 36 участков для освоения при заключении договора, предусматривающего передачу прав на земельный участок на безвозмездной основе при обеспечении граждан, проживающих на этих земельных участках, благоустроенными жилыми помещениями, а также уплату выкупной цены за изымаемые жилые помещения. Главная проблема программы – это различная инвестиционная привлекательность территорий, – привела к тому, что территории не вызвали интереса у застройщиков.

В 2018 г. была утверждена карта границ территорий, на которых предусматривается осуществление деятельности по их комплексному и устойчивому развитию. На карте обозначено 49 участков в разных районах города. Также были внесены изменения в Правила землепользования и застройки Новосибирска в части минимально допустимого уровня обеспеченности таких

территорий объектами коммунальной, транспортной, социальной инфраструктуры [3]. На рассматриваемых участках расположены:

- многоквартирные дома, признанные в установленном Правительством Российской Федерации порядке аварийными и подлежащими сносу;

- многоквартирные дома, снос и реконструкция которых планируются на основании муниципальных адресных программ, утвержденных решениями Совета депутатов Новосибирска;

- иные объекты капитального строительства, вид разрешенного использования и предельные параметры которых не соответствуют градостроительному регламенту.

Главным плюсом программы является комплексность освоения, рассматриваются не отдельные земельные участки, а их совокупность, позволяющая сократить расходы на создание инфраструктуры с нуля.

Тем не менее, по сравнению с предыдущей программой, принципиальных изменений не произошло, большинство участков характеризуются низкой инвестиционной привлекательностью и расположены в отдаленных частях города (рис. 1).

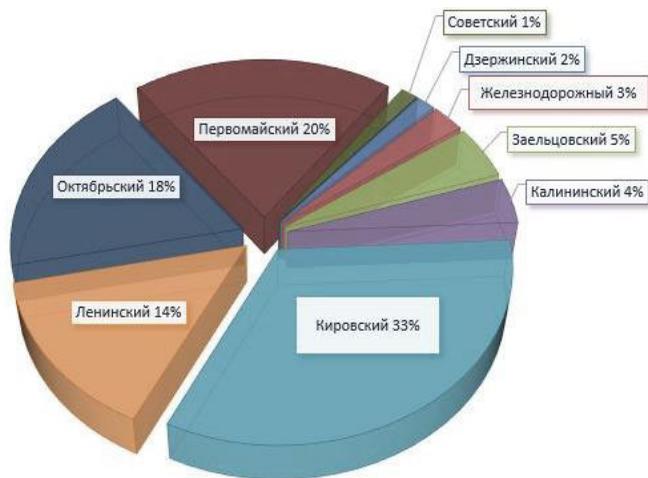


Рис. 1. Баланс участков устойчивого развития

Для оценки пространств, наиболее остро нуждающихся в изменениях, в конце 2017 г. по приказу Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства была утверждена методика определения индекса качества городской среды муниципальных образований Российской Федерации [4]. Система оценки состоит из 30 индикаторов, каждый из которых отвечает за определенный тип городского пространства. Результаты расчета индекса показывают численное значение эффективности управления городскими территориями и указывают на пространства с низкой степенью качества средового пространства.

Данная методика оценивает город в целом, для анализа состояния территорий, предусматривающих осуществление деятельности по комплексному и устойчивому развитию, необходима адаптация критериев оценки индекса качества городских пространств и их индикаторов на уровень планировочных кварталов.

Под индексом качества городской среды планировочных кварталов нами предложено понимать численное значение состояния средового пространства в границах планировочных кварталов, полученное в результате комплексной оценки индикаторов, характеризующих уровень комфорта проживания на соответствующей территории.

Границы планировочных кварталов определяются по проектам планировки частей территории города.

## **2. Критерии оценки индекса качества планировочных кварталов**

Предлагаемые критерии и индикаторы оценки индекса качества планировочных кварталов и отдельных земельных участков приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица критериев оценки индекса качества  
планировочных кварталов

Критерий оценки	Индикатор
1. Инвестиционная привлекательность территории	1.1 Ресурсный потенциал территории
	1.2 Современность среды (разнообразие функций в жилой застройке)
	1.3 Доступность объектов, имеющих торгово-развлекательную функцию
2. Экологическая безопасность территории	2.1 Количество озелененных территорий в пешей доступности
	2.2 Загруженность дорог (балл)
	2.3 Уровень загрязнения атмосферного воздуха
3. Состояние инфраструктуры	3.1 Разнообразие жилой застройки
	3.2 Доступность социальной инфраструктуры
	3.3 Доступность общественного транспорта

Инвестиционная привлекательность территории подразумевает заинтересованность строительных компаний в освоении земельного участка и складывается:

- из ресурсного потенциала территории: нормативных ограничений по плотности застройки, плотности населения, количества квартир на 1 га;
- современности среды (площади функционально разнообразных участков прилегающих планировочных кварталов);
- доступности объектов, имеющих торгово-развлекательную функцию.

Экологическая безопасность территории обусловлена главной задачей устойчивого развития территорий: обеспечением охраны и рациональным использованием природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений. Индикаторы оценки:

- количество озелененных территорий в пешей доступности от рассматриваемого планировочного квартала;
- загруженность дорог (в баллах), которая характеризует наличие транспортных проблем при передвижении в приближе-

нии к планировочному кварталу и свидетельствует об ухудшении атмосферы вдоль дорог;

- уровень загрязнения атмосферного воздуха, который определяется концентрацией загрязняющих веществ.

Состояние инфраструктуры планировочного квартала имеет важное социальное значение и оценивает привлекательность земельного участка со стороны конечного потребителя. Индикаторы оценки:

- разнообразие жилой застройки (степень монотонности жилой застройки в прилегающих планировочных кварталах);

- доступность социальной инфраструктуры (наличие и число объектов социальной инфраструктуры – детские дошкольные и средние общеобразовательные учреждения, медицинские организации, объекты культурного и спортивного назначения – в соответствии с градостроительными регламентами по радиусам доступности);

- доступность общественного транспорта (число остановок общественного транспорта в пешей доступности от планировочного квартала и количественная оценка маршрутов).

Формулы для расчета индикаторов индекса качества планировочных кварталов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Порядок расчета индикаторов оценки индекса качества планировочных кварталов

Номер индикатора	Индикатор	Алгоритм формирования	Базовые показатели	Единица измерения	Источник данных
1.1	И <sub>1.1</sub>	$\frac{S_n - S_c}{S_c} \times 100\%$	$S_n$ – максимально возможная полезная площадь проектируемых домов, м <sup>2</sup> ; $S_c$ – существующая полезная площадь проектируемых домов, м <sup>2</sup>	%	Реформа ЖКХ [5]

Продолжение табл. 2

Номер индикатора	Индикатор	Алгоритм формирования	Базовые показатели	Единица измерения	Источник данных
1.2	И <sub>1.2</sub>	$S_f / S_{tot}$	$S_f$ – площадь функционально разнообразно образных участков прилегающих планировочных кварталов; $S_{tot}$ – площадь прилегающих планировочных кварталов, общая, м <sup>2</sup>	Единица	Геоинформационный портал города Новосибирска [6]
1.3	И <sub>1.3</sub>	$n_{1.3}$	$n_{1.3}$ – количество объектов, имеющих торгово-развлекательную функцию в радиусе доступности 800 м	Единица	Географическая информационная система (2ГИС) [7]
2.1	И <sub>2.1</sub>	$n_{2.1}$	$n_{2.1}$ – количество благоустроенных зеленых зон в радиусе доступности 800 м	Единица	
2.2	И <sub>2.2</sub>	$n_{2.2}$	$n_{2.2}$ – среднее значение загрузки прилегающих дорог	Балл	
2.3	И <sub>2.3</sub>	$\sum n_{2.3} / 12$	$n_{2.3}$ – уровень загрязнения атмосферного воздуха за каждый расчетный период	Балл	ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» [8]

Окончание табл. 2

Номер индикатора	Индикатор	Алгоритм формирования	Базовые показатели	Единица измерения	Источник данных
3.1	И <sub>3.1</sub>	$h_1 / h$	$h_1$ – количество жилых домов самых распространенных типов за период 1950–1991 гг.; $h$ – количество жилых домов всех типов	Единица	Реформа ЖКХ [5]
3.2	И <sub>3.2</sub>	$n_{3.2}$	$n_{3.2}$ – количество объектов социальной инфраструктуры в нормативном радиусе доступности	Единица	Географическая информационная система (2ГИС) [7]
3.3	И <sub>3.3</sub>	$n_{3.3}$	$n_{3.3}$ – количество маршрутов общественного транспорта в радиусе доступности 800 м	Единица	

Индекс качества определяется на основании оценки значений индикаторов по балльной системе (табл. 3). Итоговый расчет индекса качества планировочных кварталов осуществляется по формуле

$$I = \sum I_i / 9,$$

где  $I_i$  – расчетный балл индикатора индекса качества.

Таблица 3

## Расчет индекса качества планировочных кварталов

Номер индикатора	Индикатор	Интервальные значения индикатора	Балл	Номер индикатора	Индикатор	Интервальные значения индикатора	Балл
1.1	И <sub>1,1</sub>	< 200	1	2.3	И <sub>2,3</sub>	3,5–4	1
		201–300	2			2,9–3,4	2
		301–400	3			2,3–2,8	3
		401–500	4			1,7–2,2	4
		> 500	5			1–1,6	5
1.2	И <sub>1,2</sub>	< 0,05	1	3.1	И <sub>3,1</sub>	> 0,8	1
		0,06–0,1	2			0,61–0,8	2
		0,11–0,15	3			0,41–0,6	3
		0,16–0,2	4			0,21–0,4	4
		> 0,2	5			< 0,2	5
1.3	И <sub>1,3</sub>	< 30	1	3.2	И <sub>3,2</sub>	< 7	1
		31–60	2			7–8	2
		61–90	3			9–10	3
		91–120	4			11–12	4
		> 120	5			> 12	5
2.1	И <sub>2,1</sub>	0	1	3.3	И <sub>3,3</sub>	1–2	1
		1	3			3–4	2
		2	4			5–7	3
		> 2	5			8–10	4
						> 10	5
2.2	И <sub>2,2</sub>	3,5–4	1	И	< 1,5	1	
		2,9–3,4	2		1,5–2,99	2	
		2,3–2,8	3		3–3,74	3	
		1,7–2,2	4		3,75–4,55	4	
		1–1,6	5		> 4,55	5	

### 3. Пример расчета индекса качества земельного участка, предусматривающего осуществление деятельности по комплексному и устойчивому развитию

В качестве примера расчета индекса качества исследован участок в Заельцовском районе Новосибирска, ограниченный

улицами Ереванской, Красногорской и Красным проспектом. Номер планировочного квартала 280.10.00.05 (рис. 2) [9].

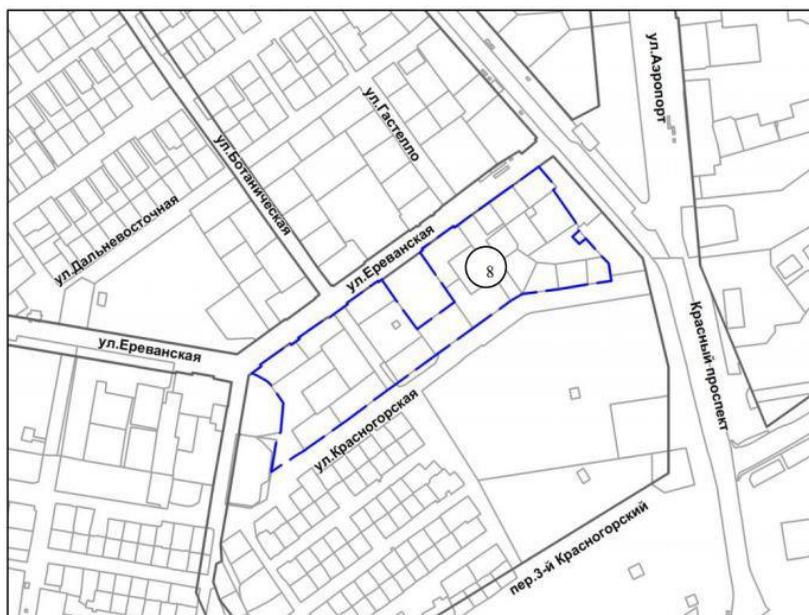


Рис. 2. Территория, ограниченная улицами Ереванской, Красногорской и Красным проспектом

Площадь участка составляет 3,078 га. На территории расположено 20 2-этажных и два 3-этажных жилых многоквартирных дома общей полезной площадью 10447,4 м<sup>2</sup>. Средний возраст домов составляет 65 лет, средний процент износа – 51 %, количество жилых помещений – 212, численность населения – 349 человек [5].

Земельный участок расположен в функциональной зоне Ж-1.1 (зона застройки жилыми домами смешанной этажности различной плотности застройки) [9]. Таким образом, максимально возможная полезная площадь жилых домов при развитии территории составляет 76950 м<sup>2</sup> (прирост 66502,6 м<sup>2</sup> или 636,5 %), следовательно, И<sub>1,1</sub> = 5 баллов.

Площадь функционально разнообразных участков прилегающих планировочных кварталов равна 104497,11 м<sup>2</sup>, общая площадь прилегающих планировочных кварталов – 550011,62 м<sup>2</sup> [6],  $I_{1,2} = 550011,62/104497,11 = 0,19 = 4$  балла.

В радиусе пешеходной доступности (800 м) располагается 29 организаций, имеющих торгово-развлекательную функцию [7],  $I_{1,3} = 1$  балл.

Близко к участку расположены две благоустроенные зеленые зоны: Ботаническое лесничество и сквер им. Чаплыгина [7],  $I_{2,1} = 4$  балла.

Среднее значение загрузки прилегающих дорог в расчетные часы (8 ч 00 мин и 18 ч 00 мин) составляет 1,875 из 4 [7],  $I_{2,2} = 4$  балла.

По данным ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» [8], за период с октября 2017 г. по октябрь 2018 г. средний уровень загрязнения атмосферного воздуха составил 2,0 балла (повышенный),  $I_{2,3} = 4$  балла.

Прилегающие планировочные кварталы на 97 % характеризуются типовой застройкой,  $I_{3,1} = 1$  балл.

Социальная инфраструктура прилегающих территорий представлена всеми организациями, требуемыми Правилами землепользования и застройки [3],  $I_{3,2} = 5$  баллов.

Транспортная доступность территории планировочного квартала обеспечивается двумя остановками общественного транспорта: «Сибирский Кадетский Корпус» (23 маршрута) и «Храм на Ереванской» (12 маршрутов), всего 35 маршрутов общественного транспорта, из которых 2 троллейбуса, 9 автобусов и 24 маршрутных такси,  $I_{3,3} = 5$  баллов.

Таким образом, индекс качества территории:  $I = 3,67$ , что соответствует 3 баллам по системе оценки.

Выводы:

– инвестиционная привлекательность удовлетворительная, при развитии застроенных территорий необходимо обратить внимание на торгово-развлекательную функцию в границах земельного участка;

- экологическая безопасность территории обеспечена на 80 % (хорошее состояние);
- состояние инфраструктуры удовлетворительное, для обеспечения устойчивого развития необходимо уделить внимание архитектурному разнообразию фасадов.

### **Заключение**

Основные полученные результаты:

- 1) введено понятие «индекс качества планировочных кварталов»;
- 2) предложены критерии оценки индекса качества и их индикаторы;
- 3) разработаны практические рекомендации по расчету индекса качества планировочных кварталов;
- 4) приведен пример расчета индекса качества земельного участка, предусматривающего осуществление деятельности по комплексному и устойчивому развитию;
- 5) по результатам расчетов сделаны выводы о необходимых мероприятиях для устойчивого развития территории.

Проведенное исследование показало необходимость расчета индекса качества всех планировочных кварталов Новосибирска для повышения эффективности управления городскими территориями.

### **Список литературы**

1. *Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: федеральный закон РФ от 22.07.2005 № 117-ФЗ : ред. от 03.08.2018 // Кодекс: 6 поколение. Нормы, правила, стандарты.*
2. *Об утверждении ведомственной целевой программы «Участие мэрии города Новосибирска в развитии застроенных территорий» на 2012–2018 годы [Электронный ресурс]: постановление мэрии г. Новосибирска от 08.10.2012 № 10080 : ред. от 01.10.2018 // Кодекс: 6 поколение. Нормы, правила, стандарты.*
3. *О правилах землепользования и застройки города Новосибирска [Электронный ресурс]: постановление мэрии*

- г. Новосибирска от 24.06.2009 № 1288 : ред. от 23.05.2018 // Кодекс: 6 поколение. Нормы, правила, стандарты.
4. *Об утверждении* Методики определения индекса качества городской среды муниципальных образований Российской Федерации [Электронный ресурс]: приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31.10.2017 № 1494/пр // Кодекс: 6 поколение. Нормы, правила, стандарты.
  5. *Информационный* портал открытых данных «Реформа ЖКХ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.reformagkh.ru>
  6. *Геопортал* Новосибирска [Электронный ресурс] / департамент строительства и архитектуры мэрии города Новосибирска. – Режим доступа: <http://gis.novo-sibirsk.ru>
  7. *Географическая* информационная система (2ГИС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://2gis.ru>
  8. *Информационный* портал открытых данных «Федеральное государственное бюджетное учреждение «Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.meteo-nso.ru>
  9. *О проекте* планировки и проектах межевания территории, прилегающей к 1-му Мочищенскому шоссе, в Заельцовском районе [Электронный ресурс]: постановление мэрии г. Новосибирска от 16.01.2018 № 84 // Кодекс: 6 поколение. Нормы, правила, стандарты.

## **ФОРМИРОВАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ МАШИН**

**К.С. Кузнецова<sup>\*</sup>, С.М. Кузнецов<sup>\*\*</sup>, А.Б. Виноградов<sup>\*\*\*</sup>**

В статье предложена модель формирования комплексов машин с минимальными рисками по себестоимости производства работ и производительности.

Ключевые слова: комплект машин, комплекс машин, имитационная модель, целевая функция, оптимизация комплекса машин.

### **Введение**

Предлагается оптимизацию работы комплекса машин проводить с минимальными рисками по производительности и стоимости работ и неразрывно с оптимизацией проектных и организационно-технологических решений строительства зданий и сооружений.

### **1. Постановка задачи**

Формирование комплекса машин производится по модульному принципу. Процесс формирования комплекса машин состоит из трех этапов.

На первом этапе из имеющегося в наличии парка машин формируются возможные варианты экскаваторных комплексов для производства земляных работ и рассчитываются технические и экономические показатели каждого варианта. Основными показателями работы комплекта машин являются производительность и себестоимость выполнения заданного объема работ. Далее формируется комплекс машин для конкретных условий производства земляных работ. Затем рассчитывается производительность и себестоимость работы комплекса.

При решении задачи приняты следующие обозначения:

---

<sup>\*</sup> Инженер СГУПС

<sup>\*\*</sup> Д-р техн. наук, профессор кафедры технологии, организации и экономики строительства СГУПС

<sup>\*\*\*</sup> Д-р техн. наук, профессор кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

### Показатели работы комплекса машин

Показатель	Обозначение
Вариация отклонения от среднего значения производительности при использовании комплекса, м <sup>3</sup> /ч	$V_K^{\Pi}$
Вариация отклонения от среднего значения себестоимости работы комплекса машин, р.	$V_K^C$
Вероятность работы комплекса машин	$P$
Ковариация производительности комплекса при использовании $i$ -го и $j$ -го вида комплектов машин	$V_{ij}^{\Pi}$
Ковариация себестоимости работ при использовании $i$ -го и $j$ -го вида комплектов машин	$V_{ij}^C$
Количество комплектов $i$ -го вида в комплексе машин, шт.	$n_i$
Количество комплектов $i$ -го вида в комплексе машин, шт.	$m_i$
Количество комплектов $j$ -го вида в комплексе машин, шт.	$n_j$
Общее количество комплектов машин в комплексе, шт.	$N$
Производительность $i$ -го комплекта машин, р.	$\Pi_i$
Производительность $j$ -го комплекта машин, р.	$\Pi_j$
Производительность комплекса машин, м <sup>3</sup> /ч	$\Pi_K$
Риск комплекса машин по производительности, м <sup>3</sup> /ч	$r_K^{\Pi}$
Риск комплекса машин по себестоимости, р.	$r_K^C$
Себестоимость работы $i$ -го комплекта машин, р.	$C_i$
Себестоимость работы $j$ -го комплекта машин, р.	$C_j$
Себестоимость работы комплекса машин, р.	$C_K$
Среднее квадратическое отклонение (СКО) производительности комплекса, м <sup>3</sup> /ч	$\sigma_K^{\Pi}$
Средняя производительность $i$ -го комплекта машин, м <sup>3</sup> /ч	$\bar{\Pi}_i$
Средняя производительность комплекса машин, м <sup>3</sup> /ч	$\bar{\Pi}_K$
Средняя себестоимость работы $i$ -го комплекта машин, р.	$\bar{C}_i$
Средняя себестоимость работы $j$ -го комплекта машин, р.	$\bar{C}_j$
Требуемая производительность комплекса машин, м <sup>3</sup> /ч	$\Pi_T$

Общее количество машин в комплексе определяется по формуле

$$\sum_{i=1}^{i=m} n_i = N. \quad (1)$$

Себестоимость использования комплекса машин определяется по формуле

$$C_K = \sum_{i=1}^{i=m} n_i C_i, \quad (2)$$

а производительность комплекса машин рассчитывается следующим образом

$$П_K = \sum_{i=1}^{i=m} n_i \cdot П_i. \quad (3)$$

Далее определяется средняя производительность  $i$ -го комплекта машин

$$\overline{П}_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} П_i}{m} \quad (4)$$

и средняя себестоимость работы  $i$ -го комплекта машин

$$\overline{C}_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} C_i}{m}. \quad (5)$$

На втором этапе из рассматриваемого парка машин по найденной на первом этапе средней себестоимости работы комплекта формируем комплекс машин с минимальным риском по себестоимости работы комплекса.

Риск комплекса машин по себестоимости определяется по формуле

$$r_K^C = \sqrt{V_K^C}. \quad (6)$$

Вариация отклонения от среднего значения себестоимости работы при использовании комплекса машин определяется по формуле

$$V_K^C = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=m} n_i \cdot n_j \cdot V_{ij}^C. \quad (7)$$

Ковариация себестоимости работ при использовании  $i$ -го и  $j$ -го вида комплектов машин определяется по формуле

$$V_{ij}^C = \left| (C_i - \bar{C}_i)(C_j - \bar{C}_j) \right|. \quad (8)$$

Затем определяется риск комплекса машин по производительности

$$r_K^{\Pi} = \sqrt{V_K^{\Pi}}. \quad (9)$$

Вариация отклонения от среднего значения производительности при использовании комплекса машин определяется по формуле

$$V_K^{\Pi} = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=m} n_i \cdot n_j \cdot V_{ij}^{\Pi}. \quad (10)$$

Ковариация производительности комплекса при использовании  $i$ -го и  $j$ -го вида комплектов машин определяется по формуле

$$V_{ij}^{\Pi} = \left| (\Pi_i - \bar{\Pi}_i)(\Pi_j - \bar{\Pi}_j) \right|. \quad (11)$$

Второй этап завершается проверкой условия

$$\Pi_K \geq \Pi_T - r_K^{\Pi}, \quad (12)$$

где  $\Pi_T$  – требуемая производительность комплекса машин.

Если условие (12) выполняется, то формирование комплекса на этом заканчивается. В противном случае переходим к завершающему третьему этапу формирования комплекса.

На третьем этапе из рассматриваемого парка машин по найденной на первом этапе средней производительности комплекта формируем комплекс машин с минимальным риском по производительности комплекса. Затем по формулам (6)–(11) рассчитываем основные показатели комплекса машин и проверяем выполнение условия (12). Если условие (12) выполняется, то формирование комплекса завершено и разрабатываются рекомендации по его эффективному использованию. Если условие (12) не выполняется, то по формуле (12) вычисляем требуемую производительность комплекса машин

$$P_T = P_K + r_K^H, \quad (13)$$

и полностью повторяем третий этап формирования комплекса. В результате будет сформирован комплекс с минимальным риском по производительности.

Вероятность работы комплекса машин определяется по формуле (14), при этом  $P_T$  определяется по формуле (13).

$$p = 1 - \frac{1}{\sigma_K^H \sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{P_T} e^{-\frac{(P_K - \overline{P}_K)^2}{2\sigma_K^H}} dP_K. \quad (14)$$

## 2. Результаты расчетов

На основе изложенного алгоритма было разработано программное обеспечение *Komplex*, позволяющее с минимальным риском по стоимости производства работ и производительности сформировать оптимальные комплексы машин и оценить их эффективность. Листинг работы программы приведен ниже.

### О П Т И М И З А Ц И Я К О М П Л Е К С А М А Ш И Н

Показатель	Величина
Количество видов комплектов в комплексе машин, шт.	5
Желаемая стоимость работы комплекта, р./ед.	8,500
Требуемая производительность комплекса, ед./ч	340,0
Количество проектировок, шт.	10000

### Х А Р А К Т Е Р И С Т И К А К О М П Л Е К Т О В М А Ш И Н

Комплект	Количество комплектов, шт.	Средняя производительность комплекта, ед./ч	СКО производительности комплекта, ед./ч	Стоимость работы комплекта машин, р./ед.	СКО стоимости работы комплекта, р./ед.
1	1	121,19	19,51	8,984	1,5190
2	1	140,36	22,68	9,106	1,6040
3	1	145,89	23,39	10,280	1,7940
4	1	164,85	22,59	8,516	1,3020
5	1	177,16	27,26	8,394	1,4510

### 1. СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА МАШИН

(Лучший комплекс по себестоимости производства работ из базы)

Комплект	Количество комплектов, шт.	Производительность комплекта, ед./ч	Себестоимость работы комплекта, р./ед.
5	2	177,160	8,3940
Производительность комплекса машин: 354,32 ед./ч Минимальный риск производительности: 19,84 ед./ч Себестоимость работы комплекса: 16,788 р./ед. Минимальный риск себестоимости: 1,0559 р./ед.			

### 2. СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА МАШИН

(Лучший комплекс по себестоимости производства работ из парка)

Комплект	Количество комплектов, шт.	Производительность комплекта, ед./ч	Себестоимость работы комплекта, р./ед.
5	1	177,160	8,3940
4	1	164,850	8,5160
Производительность комплекса машин: 342,01 ед./ч Минимальный риск производительности: 12,65 ед./ч Себестоимость работы комплекса: 16,910 р./ед. Минимальный риск себестоимости: 0,6927 р./ед.			

### 3. СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА МАШИН

(Оптимизация комплекса по себестоимости)

(Лучший комплекс по себестоимости производства работ из базы)

Комплект	Количество комплектов, шт.	Производительность комплекта, ед./ч	Себестоимость работы комплекта, р./ед.
5	1	177,16	8,394
4	1	164,85	8,516
Производительность комплекса машин: 342,01 ед./ч Минимальный риск производительности: 12,19 ед./ч Себестоимость работы комплекса: 16,910 тыс. р./ед. Минимальный риск себестоимости: 0,6767 тыс. р./ед.			

### 4. СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА МАШИН

(Оптимизация комплекса по себестоимости)

(Лучший комплекс по себестоимости производства работ из парка)

Комплект	Количество комплектов, шт.	Производительность комплекта, ед./ч	Себестоимость работы комплекта, р./ед.
5	1	177,16	8,394
4	1	164,85	8,516
Производительность комплекса машин: 342,01 ед./ч Минимальный риск производительности: 12,69 ед./ч Себестоимость работы комплекса: 16,910 тыс. р./ед. Минимальный риск себестоимости: 0,6989 тыс. р./ед.			

## Заключение

Модель формирования ресурсосберегающего комплекса позволит с большей степенью вероятности планировать рациональное использование парка машин, что несомненно скажется на снижении стоимости и повышении качества строительной продукции.

Учет вероятности себестоимости и производительности работы комплексов машин позволяет рациональнее планировать их ритмичную работу на объектах и сократить время производства строительно-монтажных работ.

## Список литературы

1. *Markowitz, H. M.* Portfolio Selection // *The Journal of Finance*. – 1952. – Vol. 7, No. 1. – P. 77–91.
2. *Исаков, А. Л., Кузнецова, К. С., Кузнецов, С. М.* Обоснование производительности землеройно-транспортных комплексов // *Экономика железных дорог*. – 2014. – № 5. – С. 78–85.
3. *Исаков, А. Л., Кузнецова, К. С., Кузнецов, С. М.* Оптимизация работы комплекса машин // *Экономика железных дорог*. – 2013. – № 1. – С. 85–91.
4. *Исаков, А. Л., Кузнецова, К. С., Кузнецов, С. М.* Оптимизация работы комплекса машин при строительстве объектов // *Изв. вузов. Строительство*. – 2012. – № 1. – С. 52–57.
5. *Исаков, А. Л., Кузнецова, К. С., Кузнецов, С. М.* Оценка потерь рабочего времени землеройно-транспортных систем // *Транспорт: наука, техника, управление*. – 2015. – № 2. – С. 57–60.
6. *Исаков, А. Л., Кузнецова, К. С., Кузнецов, С. М.* Оценка эффективности гидротранспортных систем для возведения земляных сооружений // *Экономика железных дорог*. – 2015. – № 2. – С. 92–99.
7. *Исаков, А. Л., Кузнецова, К. С., Кузнецов, С. М.* Формирование ресурсосберегающего комплекса машин для строительства зданий и сооружений // *Механизация строительства*. – 2013. – № 9 (831). – С. 14–17.

8. *Исаков, А. Л., Кузнецова, К. С., Кузнецов, С. М.* Формирование ресурсосберегающего комплекса машин для строительства // Транспортное строительство. – 2013. – № 9. – С. 4–7.
9. *Исаков, А. Л., Кузнецова, К. С., Кузнецов, С. М.* Формирование ресурсосберегающих комплексов строительных машин // Строительные и дорожные машины. – 2013. – № 10. – С. 36–39.
10. *Кузнецова, К. С., Кузнецов, С. М.* Формирование ресурсосберегающего парка машин // Путь и путевое хозяйство. – 2006. – № 8. – С. 11–12.

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОРАДАРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**А.Г. Маньшин<sup>\*</sup>, В.С. Молчанов<sup>\*\*</sup>, В.Ю. Капкайкин<sup>\*\*\*</sup>**

Целью работы является оценка технического состояния малоэтажного жилого дома по данным обследования, выполненного с использованием георадарной технологии. Результатом работы является разработка мер восстановления работоспособности, предотвращения развития дефектов и исключения ухудшения состояния конструкций.

Ключевые слова: визуальный и инструментальный мониторинг, дефекты конструкций, съемка ситуации, георадарное оборудование, отопление и замачивание, состояние наружного водоотвода и отмостки.

### **Введение**

Работы по визуальному и инструментальному мониторингу и оценке технического состояния жилого дома, расположенного по ул. Юбилейный проспект, 3 в Искитиме Новосибирской области проводились НГАСУ (Сибстрин) по заданию Администрации города Искитима Новосибирской области с целью оценки состояния строительных конструкций и коммуникаций в связи с завершением ремонтно-восстановительных работ по устранению ранее выявленных дефектов.

### **1. Постановка задачи**

В рамках выполнения мониторинга выполнены следующие работы:

– с периодичностью один раз в 2 недели проводилось определение пространственного положения конструкций дома методами геодезического мониторинга (нивелирование и сканирование по контрольным маркам);

---

<sup>\*</sup> Канд. техн. наук, зам. начальника УНИР НГАСУ (Сибстрин)

<sup>\*\*</sup> Канд. техн. наук, профессор кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов НГАСУ (Сибстрин)

<sup>\*\*\*</sup> Директор проектного института «Сибстринпроект» НГАСУ (Сибстрин)

- визуальное обследование основных несущих конструкций стен, перекрытий и покрытия, подземной и надземной частей дома;
- визуальное обследование коммуникаций водоснабжения и водоотведения;
- нахождение влажности грунтов основания с целью определения стабильности состояния основания по результатам исследования образцов из пробуренных скважин на глубину ниже заложения подошвы фундамента дома;
- фотофиксация этапов мониторинга, оформление промежуточных отчетов по результатам освидетельствования конструкций.

Съемка участка выполнялась с применением наземного лазерного сканера Riegl VZ-400. Система для наземного лазерного сканирования состоит из наземного лазерного сканера и полевого компьютера (рис. 1).

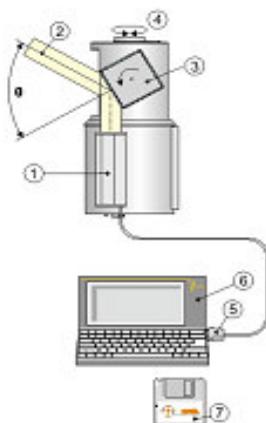


Рис. 1. Принципиальная схема наземного лазерного сканера:  
 1 – лазерный дальномер; 2 – приемо-передающий тракт дальномера;  
 3 – сканирующее зеркало; 4 – сканирующая головка сканера;  
 5 – кабель, соединяющий лазерный сканер с полевым компьютером;  
 6 – полевой компьютер (промышленный ноутбук)  
 со специализированным программным обеспечением;  
 7 – носитель информации

Наземный лазерный сканер состоит из лазерного дальномера, адаптированного для работы с высокой частотой, и блока развертки лазерного луча. В основу принципа лазерного сканирования положен метод безотражательного измерения расстояний. Для этого используется лазерный излучатель, работающий в импульсном режиме. Посланный в определенном направлении импульс отражается от цели и попадает на приемник. Посредством измерения времени прохождения импульса от излучателя до цели и обратно до приемника вычисляется расстояние до объекта. В качестве блока развертки выступает сервопривод и полигональное зеркало. Сервопривод отклоняет луч на заданную величину в горизонтальной плоскости, при этом поворачивается вся верхняя часть лазерного сканера, которая называется головой. Развертка в вертикальной плоскости осуществляется за счет вращения зеркала. Для определения деформаций обследуемого объекта, по данным лазерного сканирования с применением специальных светоотражающих марок, которые были закреплены на обследуемом объекте и близстоящих зданиях, было проведено два цикла сканирования – 27.04.2018 и 26.05.2018.

Результатом сканирования является облако точек лазерных отражений (ТЛО) от объектов с известными координатами – скан (рис. 2).

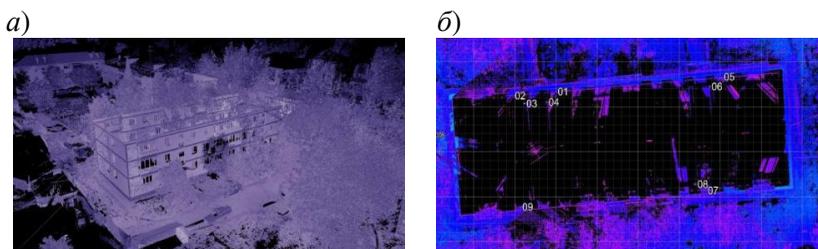


Рис. 2. Облако точек лазерных отражений (ТЛО) и план расстановки марок на объекте

В процессе съемки лазерный сканер устанавливался с расстоянием между станциями около 13 м. В сумме сканирование

было выполнено с 15 станций. На каждой станции соблюдался следующий порядок действий:

1. *Установка сканера, подготовка его к работе.* В процессе создания новой сканерной станции в управляющем программном обеспечении обязательным условием являлось обеспечение перекрытия сканов, полученных с соседних сканерных станций (рис. 3).

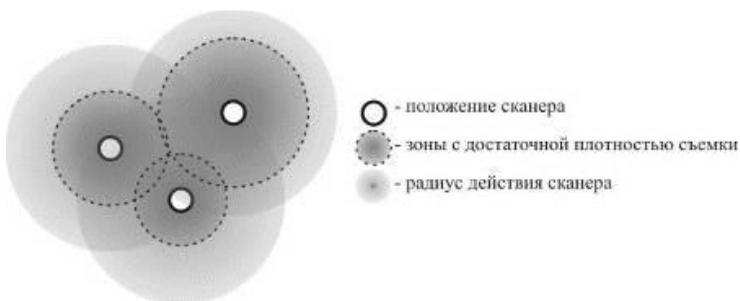


Рис. 3. Перекрытия сканов с соседних станций

2. *Выполнение сканирования.* Сканирование с каждой сканерной станции выполнялось в пределах поля зрения сканера  $360^\circ$  по горизонтали и  $100^\circ$  по вертикали с разрешением  $0,06^\circ \times 0,06^\circ$ .

3. *Координирование рабочего ПВО сканером.* На полученном в результате сканирования изображении автоматически определялось местоположение светоотражающих марок, которые сканировались с высоким разрешением, после чего автоматически определялись координаты центров марок в системе координат скана. Погрешность определения положения центров марок не превышает 1 мм.

4. *Переход на следующую сканерную станцию.* Взаимное уравнивание (регистрация) сканов выполнено с помощью программного обеспечения RiSCAN PRO в зонах взаимного перекрытия, средняя квадратическая ошибка уравнивания (СКО) не грубее 5 мм.

## 2. Результаты расчетов

Полученные координаты геодезических знаков (марок) в результате сканирования двух измерений с промежутком времени 27.04.2018 и 26.05.2018 и их разница показаны в табл. 1.

Таблица 1

Координаты марок на здании по данным измерений

Номер марки	27.04.2018 / 26.05.2018			Разница двух измерений		
	X[m]	Y[m]	Z[m]			
1	<u>-8,479</u>	<u>-15,768</u>	<u>145,667</u>	0,006	0,005	0,003
	-8,485	-15,773	145,664			
2	<u>-13,711</u>	<u>-16,212</u>	<u>151,864</u>	0,000	0,003	0,008
	-13,711	-16,215	151,856			
3	<u>-12,302</u>	<u>-17,089</u>	<u>155,164</u>	0,003	0,004	0,009
	-12,305	-17,093	155,155			
4	<u>-9,598</u>	<u>-16,931</u>	<u>155,382</u>	0,002	0,006	0,004
	-9,600	-16,937	155,378			
5	<u>11,740</u>	<u>-14,114</u>	<u>146,107</u>	-0,005	0,000	0,000
	11,745	-14,114	146,107			
6	<u>10,244</u>	<u>-15,194</u>	<u>155,596</u>	0,000	0,002	-0,001
	10,244	-15,196	155,597			
7	<u>9,782</u>	<u>-26,753</u>	<u>146,121</u>	0,001	-0,002	-0,003
	9,781	-26,751	146,124			
8	<u>8,519</u>	<u>-26,062</u>	<u>155,700</u>	0,011	0,003	-0,001
	8,508	-26,065	155,701			
9	<u>-12,800</u>	<u>-28,591</u>	<u>145,335</u>	0,003	0,005	0,002
	-12,803	-28,596	145,333			
Среднее значение по абсолютной величине				0,0031	0,0030	0,0040

*Примечание:* Полученные отклонения в пределах точности сканера.

Для определения деформаций подвального помещения, по данным лазерного сканирования с применением специальных светоотражающих марок, которые были закреплены на стенах помещения (рис. 4), было проведено два цикла сканирования – 27.04.2018 и 26.05.2018.

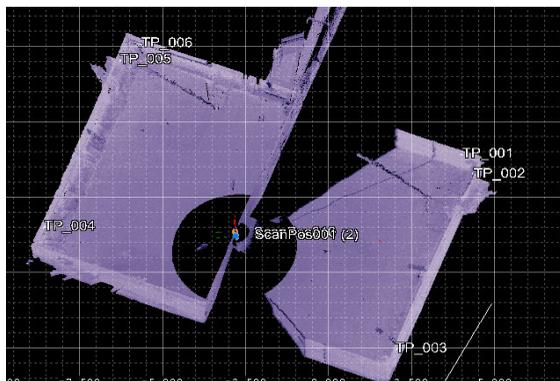


Рис. 4. План расстановки марок на стенах подвального помещения жилого дома

Полученные координаты марок в результате сканирования двух измерений с промежутком времени 27.04.2018 и 26.05.2018 и их разница показаны в табл. 2.

Таблица 2

Результаты определения координат марок подвала

Номер марки	27.04.2018 / 26.05.2018			Разница двух измерений		
	X[m]	Y[m]	Z[m]			
TP_001	<u>5,525</u> 5,524	<u>-4,808</u> -4,805	<u>143,990</u> 143,991	0,001	-0,003	-0,001
TP_002	<u>5,085</u> 5,093	<u>-5,440</u> -5,451	<u>143,928</u> 143,928	-0,008	0,011	0,000
TP_003	<u>-1,409</u> -1,413	<u>-6,188</u> -6,189	<u>144,092</u> 144,094	0,004	0,001	-0,002
TP_004	<u>-2,500</u> -2,511	<u>5,193</u> 5,211	<u>143,801</u> 143,801	0,011	-0,018	0,000
TP_005	<u>3,666</u> 3,668	<u>5,851</u> 5,850	<u>143,863</u> 143,866	-0,002	0,001	-0,003
TP_006	<u>4,475</u> 4,466	<u>5,543</u> 5,538	<u>143,834</u> 143,834	0,009	0,005	0,000
Среднее значение по абсолютной величине				0,0058	0,0065	0,0010

*Примечание:* Полученные отклонения в пределах точности сканера.

Результаты замеров геотехнического и геодезического мониторинга с альтернативными методами измерительного контроля по определению пространственного положения элементов конструкций здания подтверждают следующее:

1. Характеристики грунтов по влажности даже в период обильных осадков остаются стабильными по отношению к исходным. Это подтверждает эффективность проведенных мероприятий по стабилизации и укреплению грунтов основания.

2. Ранее выявленные деформационные процессы конструкций дома отсутствуют.

3. Состояние систем внутренних коммуникаций стабильное, и на момент осмотров за второй период мониторинга с декабря 2017 г. по июнь 2018 г. нарушений целостности соединений и протечек не установлено, что позволяет сделать вывод о стабильности грунтового основания в результате проведенных мероприятий по их укреплению и стабилизации. Данные подтверждены и контрольными освидетельствованиями грунтов в результате выполнения контрольных скважин на глубину 8 м с отбором проб и освидетельствованием свойств грунтов на их влажность при длительных атмосферных осадках (за май–июнь), которые показали стабильность свойств по отношению к первоначальному их состоянию.

Однако с учетом влияния эксплуатационных факторов необходимо продолжение наблюдений с целью своевременного выяснения отсутствия или прогресса возможных деформаций при межсезонном переходе (в период лето – зима).

### **Заключение**

На основании анализа предоставленной документации, визуального и измерительного контроля, результатов проведенного мониторинга можно сделать следующие выводы.

1. Наземные конструкции здания находятся в стабильном работоспособном состоянии (полностью отсутствуют деформационные процессы) и могут быть использованы для выполнения

своего прямого назначения без причинения опасности и вреда здоровью проживающих людей.

Плиты перекрытий на момент обследования не имеют прогрессирующих силовых и деформационных изменений, находятся в стабильном работоспособном состоянии, угрозы обрушения при действии расчетных и возможных переменных эксплуатационных нагрузок не установлено. Остальные конструкции и системы коммуникаций находятся в работоспособном состоянии.

2. Подземные конструкции здания находятся в стабильном работоспособном состоянии (полностью отсутствуют деформационные процессы) и могут быть использованы для выполнения своего прямого назначения без причинения опасности и вреда здоровью проживающих людей.

3. Грунты основания на момент обследования не имеют прогрессирующих структурных изменений, находятся в стабильном работоспособном состоянии, угроза потери свойств после проведенных мероприятий по их стабилизации и укреплению при действии расчетных и возможных переменных эксплуатационных нагрузок отсутствует. Характеристики грунтов по влажности даже в период обильных осадков остаются стабильными в сравнении с исходными, что подтверждает эффективность выполненных мероприятий по усилению грунтов основания. В качестве мер предупреждения возможного развития деформаций грунтового основания, плит пола и перекрытий подземной части дома целесообразно предусмотреть продолжение геодезического мониторинга состояния конструкций и грунтового основания в межсезонные периоды.

Согласно полученным данным промежуточного наблюдений II этапа с применением альтернативных методов геодезического контроля по отметкам осадочных марок деформация здания отсутствует. Однако с учетом влияния эксплуатационных факторов необходимо продолжить наблюдения с целью свое-

временного выяснения отсутствия или прогресса деформации при межсезонном переходе состояния грунтов основания (лето – зима). С этой целью необходимо продолжить выполнение геодезического сканирования объекта для установления более точного пространственного положения в целом всех элементов надземной части жилого дома с построением 3-мерной модели для получения результатов дальнейшего сравнительного геодезического мониторинга в переходные межсезонные периоды на третьем этапе мониторинга «лето – зима».

## **СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЗА РУБЕЖОМ (НА ПРИМЕРЕ ИТАЛИИ)**

**А.В. Наволоцкая\* , А.Е. Ховрина\*\***

Цель работы состоит в рассмотрении современной организации градостроительного планирования в Италии и выявлении вектора его развития. Достижение цели осуществляется путем ознакомления с оригинальными источниками, представленными в виде научных трудов итальянских архитекторов. Одной из задач является перевод статей с итальянского языка и их адаптация, а также анализ зарубежного опыта городского планирования.

Ключевые слова: урбанистика, планирование, Италия, иерархия, субсидиарность, законодательство.

### **Введение**

Градостроительное проектирование в Италии проходило интересные и сложные этапы на пути своего развития. Градостроительство здесь обрело гибкую структуру, опирающуюся на крепкую и неизменную на протяжении многих лет законодательную базу. Основной целью данного исследования является рассмотрение зарубежного опыта градостроительного проектирования на примере Италии и выявление вектора ее развития.

Актуальность исследования данной темы обусловлена важностью определения вектора развития отечественного градостроительства. Научная новизна темы заключается в ознакомлении с перспективными направлениями зарубежного градостроительного опыта с целью его дальнейшего освоения, углубленного сравнительного анализа и получения возможности формулировать собственные актуальные предложения.

---

\* Канд. архитектуры, доцент кафедры архитектуры и реконструкции городской среды НГАСУ (Сибстрин)

\*\* Студент НГАСУ (Сибстрин)

## 1. Историко-архивные исследования

Градостроительство возникло в Италии как самостоятельная дисциплина только после промышленной революции. В конце XIX в. произошел переход от простого проектирования пространственных форм к планированию функций рационального города: жилье, работа, отдых, мобильность.

Градостроительство в Италии прошло следующие основные этапы в своем развитии:

- 1942 г. – принятие городского закона №1150 (LUN);
- 1950-е гг. – восстановление экономики за счет строительной деятельности;
- 1960-е гг. – отсутствие структурных планов для всех уровней планирования, максимизация арендной платы за землю, отсутствие инфраструктуры и общественных услуг;
- 1970-е гг. – фаза перестройки, характеризуемая сдерживанием градостроительных процессов;
- конец 1980-х гг. – городские преобразования в рамках отдельных проектов и программ;
- 1990-е гг. – теоретические дебаты по рассмотрению реорганизации;
- 2000-е гг. – процесс перехода от иерархической модели к субсидиарной.

Основным законодательством о планировании является городской закон № 1150 от 17 августа 1942 г. (LUN).

LUN предоставил общий муниципальный градостроительный план (PRGC), который служит для регулирования развития как муниципальной территории, так и регулирования строительной деятельности. PRGC состоит из двух частей, тесно связанных друг с другом:

- первая часть – набор технических и графических документов, относящихся к различным картографическим изображениям территории;
- вторая часть – общие административные положения с нормативным содержанием.

## 2. Анализ опыта территориального планирования в Италии

В центре системы, сконфигурированной этим законом, лежит идея упорядочивания набора функциональных зон для территориального иерархического управления (рис. 1).



Рис. 1. Схема иерархической модели территориального управления

Территориальное иерархическое управление распространяется на всю территорию посредством внедрения идеи генерального плана. Однако структура градостроительного инструментария, определенная законом LUN, не нашла немедленного применения [4].

Этап реконструкции города долгое время происходил без учета общей градостроительной ситуации, точно и локально, без решения проблем общего территориального развития.

Структуру рамочного планирования в Италии можно рассмотреть в виде схемы, отражающей взаимосвязи и иерархию различных планов (рис. 2). Схема наглядно показывает, что далеко не все группы планов были взаимосвязаны, некоторые из них существовали параллельно и обособленно, что негативно

сказывалось на гармоничности организации территории в общенациональном масштабе.



Рис. 2. Структура рамочного планирования в Италии [3]

Актуальные концепции градостроительного проектирования все меньше концентрируются лишь на процессах организации физического пространства. Этапы современного планирования тесно связаны не напрямую с архитектурой, а с такими дисциплинами, как социология, экономика, геология, политика и др.

Градостроительная документация – это не только планы, как бы они ни назывались, но также программы, проекты и другие инструменты городского планирования.

По сути, концепция современного городского планирования работает как единое целое, которое можно сравнить с четырехмерной матрицей: пространственные измерения и время. Исторически городское планирование имеет двойственную природу и реализуется в двух параллельных и взаимодополняющих плоскостях: познавательной (нацеленной на аспекты истории) и функциональной (техничко-метрические аспекты поселения) [2].

Территории в планах делятся: на урбанизированные, городские и сельские. Процессы структурирования физического пространства являются результатом последовательных действий человека. В результате территория начинает представлять собой запутанное и синергетическое переплетение физической среды. Система взаимосвязей этих трех компонентов окружающей среды создает идентичность места как отдельного субъекта, уникального по форме, характеру, истории, ландшафту.

Общие же планы, в соответствии с директивами рамочного плана, определяют структуру территории, которая обычно законодательно ограничена. Они накладывают на локальные цели и программные линии планирования ограничения, определяют направления и методы использования территории. Это необходимо для управления процессами ее развития, а также для реализации общественных и частных интересов ее модификации.

Нынешняя градостроительная обстановка в Италии представляет собой переход от традиционной иерархической модели вертикального планирования «сверху вниз» (см. рис. 1) к новым реформированным планам, основанным на концепции субсидиарности и планировании «снизу вверх» (рис. 3).

Принцип субсидиарности подразумевает, что постановка задач и принятие решений происходит как можно ближе к гражданам и их социальным объединениям [3].



Рис. 3. Схема субсидиарной модели

Многие административные, ранее государственные, функции сегодня переданы местным органам власти. Центральным органам государства поручено лишь выполнять руководящие и координационные функции по определению основных тенденций развития общенациональной территории, уделяя особое внимание объектам государственного интереса (строительству автомобильных и железных дорог, портов, зданий государственных учреждений и т.д.), экологической защите территории и защите почвы.

С постепенным исчезновением иерархии планов, городская дисциплина часто регулировалась самореференциальными выборами и инструментами. Во избежание анархии и беспорядка в ее основу все же вводился «иерархический принцип».

При использовании субсидиарной модели, инструменты, размещенные на нижней ступени, получили возможность модифицировать инструменты верхней ступени. Для каждого отдель-

ного субъекта был введен ряд ограничивающих постановлений, которые предоставляют определенную свободу при распоряжении и модификации отдельных территорий, но также вносят определенный порядок и способствуют более эффективному использованию физического пространства, повышая уровень синергии и гармоничности планов в масштабах всей страны.

Преодоление иерархической модели в отношениях между планами и введение модели соглашений, имеющей более переговорный характер, частично смещает внимание от содержания планов к механизмам взаимодействия между ними на разных уровнях и делает акцент на общую эффективность управления градостроительным процессом.

Субсидиарность выбора и возросший уровень автономии местных властей стимулируют улучшение методов взаимодействия, а также создание единой и органичной территории, которая не могла бы возникнуть в результате простого суммирования различных муниципальных планов.

На конечном этапе планирования существует также перечень последовательных действий: утверждение, противостояние, итерация, наблюдение, публикация плана, защитные меры. Это обеспечивает высокую эффективность и прозрачность всего процесса проектирования и реализации градостроительных мероприятий.

Новые планы, определенные различными региональными законами, касаются проблем города и территории. Они имеют четкий состав компонентов:

- 1) структурный план, определяющий руководящие принципы развития и экологические ограничения, он не ограничен сроком действия;
- 2) оперативная программа, которая осуществляет выбор преобразований с учетом рынка и политических устремлений муниципальной администрации;
- 3) нормативный план, действующий здесь и сейчас.

Развивающийся в Италии принцип «снизу вверх» позволяет создавать наиболее комфортные условия для горожан, которые могут непосредственно влиять на разработку градостроитель-

ных проектов, опираясь на свой опыт существования «внутри» территории, ощущая все достоинства и недостатки ныне существующей градостроительной обстановки.

В 1990-х гг. закон 142/90 санкционировал вступление в силу реформы местного самоуправления. Регионы начали издавать новую серию законов о городском планировании, называемых законами второго поколения. Это способствовало все большему распространению инструментов городского планирования из региона в регион, что порождало правовые системы, которые четко идентифицировались на всей территории страны, но в то же время характеризовали различные региональные реалии.

Преобладающей моделью планирования является «Тосканская модель», которая после 10 лет применения была усилена и обновлена (с законом LRT 1/05), прямо или косвенно повлияла на законы региональной власти Лигурии, Лацио, Эмилии-Романьи, Умбрии, Калабрии и Базиликаты. Эта модель сосредоточена на переосмыслении инструментов вмешательства, направляя процессы планирования на развитие социальной и территориальной сплоченности [1].

Но все же модель, опирающаяся на устаревающие принципы градостроительства, еще существует. В основном она представлена регионом Ломбардия (и частично Венето), где программный и стратегический аспект играет основополагающую роль, считая приоритетным политическую, а не социальную и техническую инициативы.

### **Заключение**

В Италии по сей день действует градостроительный закон, принятый в 1942 г. (LUN), который продвигается в национальном масштабе.

Тем не менее градостроительная деятельность в Италии имеет прогрессивный и современный вектор развития главным образом за счет распространения субсидиарной модели градостроительного планирования, способствующей синергии и гармоничному взаимодействию большинства отдельных территорий (провинций, регионов).

Это позволяет полагать, что в скором времени произойдет окончательный переворот градостроительной модели «сверху вниз», и все провинции Италии будут придерживаться принципов современной градостроительной концепции, выраженной в субсидиарной модели территориального планирования.

На пути эволюции принципов градостроительного проектирования стоит отметить высокую гибкость новой системы, которая лишена радикализма, так как характеризуется разумной интеграцией первоначальных принципов иерархической модели в новый градостроительный инструментарий.

### **Список литературы**

1. *Belli, A., Mesonella, A.* Forme plurime della pianificazione regionale. – Firenze : Alinea, 2008. – 272 p.
2. *Gambino, R.* Conservare Innovare. Paesaggio, Ambiente, Territorio. – Torino : UTET, 1997. – 224 p.
3. *Imbessi, P.* TE 4. – Napoli : Superare l'esame di Stato per Architetti, 2017. – 240 p.
4. *Mazza, L.* Pianificazione spaziale e governo del territorio. – Torino : Citta Studi, 2001. – 489 p.
5. *Zanon, B.* Territorio, ambiente, citta. – Trento : Univerta, 2000. – 192 p.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ**

**Т.А. Радько<sup>\*</sup>, М.М. Титов<sup>\*\*</sup>**

Представлен экспериментальный вариант проверки адекватности критериев подобия на основе модели бетонной смеси для случая электротермообработки бетона.

Ключевые слова: критерий подобия, величина, аналогия, пи-теорема, режим, подход.

### **Актуальность**

Современное развитие научных дисциплин характеризуется все более стремительным усложнением задач, решаемых при проведении экспериментальных исследований, а также требованиями к их точности, сжатыми сроками создания и воплощения, стремлением сократить затраты на разработку при удовлетворении заданных условий.

Сегодня зимнее бетонирование в научном отношении изучается с помощью численных методов и представляет особый интерес в области строительства, а значит, возникает необходимость его развития.

Во главе совершенствования любой дисциплины стоит прежде всего анализ основных проблем, позволяющий найти объективное решение полученных задач. Так, например, при термообработке любой бетонируемой конструкции часто возникает затруднение в определении времени выхода на изотермический режим, что может привести к перегреву и выкипанию воды бетонной смеси [5] либо замерзанию, так как реальные условия теплообмена на стройке всегда отличаются от расчетных.

---

<sup>\*</sup> Магистрант кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

<sup>\*\*</sup> Д-р техн. наук, профессор кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

В большинстве случаев попытка найти аналитическое решение подобных проблем связано со значительными трудностями. Обычно возможность полного решения задачи в аналитической форме достигается ценой серьезнейших упрощений, вносимых при постановке задачи или в ходе ее решения. Поэтому зачастую получаемые результаты в лучшем случае имеют характер приближенной оценки, в худшем – неправильны по существу и могут являться источником технологических ошибок. При изучении задач теплообмена необходимо глубокое понимание физики процесса.

Существенно отличается метод моделирования и подбора, основанный на переходе от обычных физических величин к величинам комплексного типа (которые составлены из тех же величин, но в определенных сочетаниях, зависящих от природы процесса). Такой подход позволяет создавать важные преимущества, прежде всего достигать уменьшения числа переменных и более отчетливо выявлять внутренние связи, характеризующие процесс прогрева бетона [3].

### **Методика исследования**

Термообработка любой бетонируемой конструкции в холодное время года представляет собой определенную сложность, потому что в процессе прогрева необходимо учитывать множество факторов и характеристик, влияющих на теплопотери и удержание полученной энергии внутри системы [2]:

$c$  – удельная теплоемкость бетона;

$m$  – масса бетона;

$P$  – электрическая мощность;

$F$  – модуль поверхности;

$K_T$  – коэффициент теплопередачи;

$t$  – температура;

$\tau$  – время.

Из предложенных семи величин составляется уравнение теплового баланса:

$$c \cdot m \cdot \Delta t = P \cdot \tau - K_T \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau . \quad (1)$$

Анализ уравнения следующий: бетонной массе передается тепло ( $c \cdot m \cdot \Delta t$ ), генерируемое электроэнергией ( $P \cdot \tau$ ), при этом происходит выход некоторой части полученного тепла через открытые поверхности конструкции ( $K_T \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau$ ). Ход процесса термообработки бетона представлен на рис. 1.

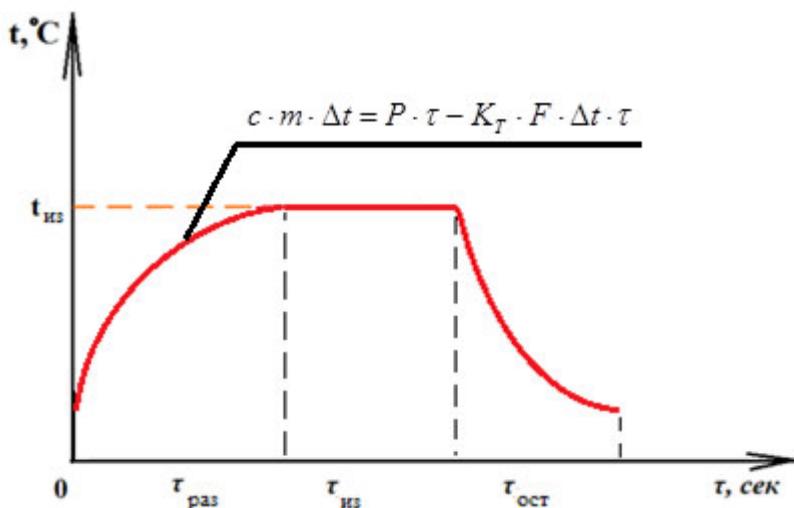


Рис. 1. График зависимости температуры от времени

Такая форма записи отличается от уравнения баланса, представленного в работе [5]:

$$c \cdot m \cdot \Delta t = P \cdot \tau - K_T \cdot F \cdot (t_n + \Delta t - t_a) \cdot \tau. \quad (2)$$

Между двумя уравнениями обозначена принципиальная разница. В нашем случае в основе теплопотерь заложено средневзвешенное по сечению конструкции изменение температуры бетона  $\Delta t$ , при этом за начальную температуру бетона  $t_n$  принята температура воздушной среды  $t_a$  (в целях упрощения составления уравнения). Приведенное равенство значений  $t_a$  и  $t_n$  кажется абсолютно неверным, потому как температура бетона в начальный момент времени не может быть равной температуре воздуха, значение которой в зимнее время сводится к отрица-

тельным показателям. Однако если теоретически повысить температуру воздуха до значения начальной температуры бетона, например с  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то и температуру изотермического прогрева также можно поднять на  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при этом показатель  $\Delta t$  останется неизменным.

В работе [5] в составляющей теплоотдачи присутствует уже более сложный множитель  $(t_n + \Delta t - t_e)$ , свидетельствующий о значительном различии значений начальной температуры бетона и воздуха.

К уравнению (1) применим пи-теорему как основу теории подобия.

### 1. Поиск критериальных величин

Пи-теорема используется на базе следующего алгоритма нахождения критериев подобия [3]:

- 1) выявление  $m$  параметров  $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_k, \dots, P_s, \dots, P_m$ , которые характеризуют изучаемый процесс;
- 2) составление матрицы размерностей  $m$  параметров;
- 3) установление числа  $k$  независимых между собой параметров;
- 4) представление описания изучаемого явления в критериальной форме;
- 5) составление выражений  $m - k$  критериев подобия во всех формах записи.

Для уравнения (1) имеем следующее:

Участвующих величин семь ( $m = 7$ ):

$$P_1 = c; P_2 = m; P_3 = t; P_4 = P; P_5 = \tau; P_6 = K_T; P_7 = F.$$

Размерность каждой величины определяется универсальной формулой Фурье:

$$[a] = L^\alpha \cdot M^\beta \cdot T^\gamma \cdot \Theta^\delta \cdot I^\sigma \dots, \quad (3)$$

где  $LM\Theta I$  – система единиц измерения;  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \sigma$  – безразмерные величины.

Для данной системы измерений размерность будут представлять основные единицы СИ:

$[L] = 1$  м (длина);  
 $[T] = 1$  с (время);  
 $[M] = 1$  кг (масса);  
 $[\Theta] = 1$  °С (температура);  
 $[I] = 1$  А (сила тока).

К электрической мощности ( $P$ ) применима система единиц измерения  $LMT\Theta I$ , как и для всех остальных величин. Для продолжения необходимо выбрать ( $k = 4$ ) независимых единиц в рамках этой системы.

При помощи элементарной комбинаторики можно вычислить количество всевозможных вариантов:

$$A_m^k = m! / k!(m - k)! \quad (4)$$

Так как  $m = 7$  и  $k = 4$ , то всего возможных комбинаций:

$$A_m^k = 35.$$

При составлении главной матрицы  $P_1 = c$ ;  $P_2 = m$ ;  $P_5 = \tau$ ;  $P_7 = F$ , за определяющие данные примем оставшиеся характеристики  $P$ ,  $K_T$ ,  $t$ . Тогда система уравнений будет иметь вид:

$$[c] = [M]^0 [L]^2 [T]^{-2} [\Theta]^{-1}; \quad (5)$$

$$[m] = [M]^1 [L]^0 [T]^0 [\Theta]^0; \quad (6)$$

$$[\tau] = [M]^0 [L]^0 [T]^1 [\Theta]^0; \quad (7)$$

$$[F] = [M]^0 [L]^2 [T]^0 [\Theta]^0. \quad (8)$$

Последние ( $m - k = 3$ ) уравнения имеют вид:

$$[P] = [M]^1 [L]^2 [T]^{-3} [\Theta]^0; \quad (9)$$

$$[K_T] = [M]^1 [L]^0 [T]^{-3} [\Theta]^{-1}; \quad (10)$$

$$[t] = [M]^0 [L]^0 [T]^0 [\Theta]^1. \quad (11)$$

Правильность сделанного выбора числа независимых параметров ( $k = 4$ ) оценивается проверкой путем составления матрицы размерностей уравнений:

$$D_{1-4} = \begin{vmatrix} 0 & 2 & -2 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{vmatrix} = -2 \quad (12)$$

Важным условием является выполнение неравенства  $D_{1-4} \neq 0$ , которое говорит о правильности сделанного в нашем случае выбора. В противном случае, если  $D_{1-4} = 0$ , возможно множество решений или его отсутствие.

Применительно к данному случаю будем иметь:

$$\pi_1 = \frac{P}{c^{a_P} \cdot m^{b_P} \cdot \tau^{c_P} \cdot F^{d_P}}; \quad (13)$$

$$\pi_2 = \frac{K_T}{c^{a_{K_T}} \cdot m^{b_{K_T}} \cdot \tau^{c_{K_T}} \cdot F^{d_{K_T}}}; \quad (14)$$

$$\pi_3 = \frac{t}{c^{a_t} \cdot m^{b_t} \cdot \tau^{c_t} \cdot F^{d_t}}. \quad (15)$$

Нахождение критериев подобия заключается в определении формы записи их согласно уравнениям (13)–(15) и в отыскании значений показателей степени в знаменателе этого уравнения.

Необходимо составить определитель  $D$  порядка  $k$  из размерностей параметров, участвующих в процессе. Найти определители  $D_{ik}$ , а затем определить:

$$a^P = D_{1k} / D; \quad b^P = D_{2k} / D; \quad \dots; \quad d^P = D_{4k} / D;$$

$$a^{K_T} = D_{1k} / D; \quad b^{K_T} = D_{2k} / D; \quad \dots; \quad d^{K_T} = D_{4k} / D;$$

$$a^t = D_{1k} / D; \quad b^t = D_{2k} / D; \quad \dots; \quad d^t = D_{4k} / D.$$

Для определения  $a^P, b^P, c^P, d^P$  составим и найдем определители для четырех матриц ( $D_{1k}, D_{2k}, D_{3k}, D_{4k}$ ):

$$D_{1k} = \begin{vmatrix} 1 & 2 & -3 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{vmatrix} = 0$$

$$D_{2k} = \begin{vmatrix} 0 & 2 & -2 & -1 \\ 1 & 2 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{vmatrix} = -2$$

$$D_{3k} = \begin{vmatrix} 0 & 2 & -2 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & -3 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{vmatrix} = 6$$

$$D_{4k} = \begin{vmatrix} 0 & 2 & -2 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & -3 & 0 \end{vmatrix} = -2$$

Таким образом:

$$a^P = D_{1k} / D = 0 / (-2) = 0;$$

$$b^P = D_{2k} / D = (-2) / (-2) = 1;$$

$$c^P = D_{3k} / D = 6 / (-2) = -3;$$

$$d^P = D_{4k} / D = (-2) / (-2) = 1.$$

Аналогичную операцию проделываем с  $K_T, t$ :

$$a^{K_T} = D_{1k} / D = (-2) / (-2) = 1;$$

$$b^{K_T} = D_{2k} / D = (-2)/(-2) = 1;$$

$$c^{K_T} = D_{3k} / D = 2/(-2) = -1;$$

$$d^{K_T} = D_{4k} / D = 2/(-2) = 1$$

и

$$a^t = D_{1k} / D = 2/(-2) = -1;$$

$$b^t = D_{2k} / D = 0/(-2) = 0;$$

$$c^t = D_{3k} / D = 4/(-2) = -2;$$

$$d^t = D_{4k} / D = (-2)/(-2) = 1.$$

Подставив полученные значения в изначальные уравнения (13)–(15), получим три критерия подобия:

$$\pi_1 = \frac{P}{c^0 \cdot m^1 \cdot \tau^{-3} \cdot F^1} = \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^3 \cdot \text{М}^2}{\text{М}^2 \cdot \text{с}^3 \cdot \text{кг}} = 1; \quad (16)$$

$$\pi_2 = \frac{K_T}{c^1 \cdot m^1 \cdot \tau^{-1} \cdot F^1} = \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{М}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{с}}{\text{с}^3 \cdot \text{°С} \cdot \text{кг} \cdot \text{М}^2} = 1; \quad (17)$$

$$\pi_3 = \frac{t}{c^{-1} \cdot m^0 \cdot \tau^{-2} \cdot F^1} = \frac{\text{°С} \cdot \text{М}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{М}^2 \cdot \text{с}^2 \cdot \text{°С}} = 1. \quad (18)$$

Из 35 возможных комбинаций лишь некоторые способны наиболее полно отразить процесс прогрева, а значит, имеют критериальный физический смысл. К такому случаю и относится приведенный пример.

Проверку на безразмерность проходят все три критерия. Таким образом, запишем в окончательном виде:

$$\pi_1 = \frac{P \cdot \tau^3}{m \cdot F}; \quad (19)$$

$$\pi_2 = \frac{K_T \cdot \tau}{c \cdot m \cdot F}; \quad (20)$$

$$\pi_3 = \frac{t \cdot c \cdot \tau^2}{F}. \quad (21)$$

## 2. План экспериментальной проверки установленных критериев подобия

Для проверки адекватности полученных критериев необходимо провести испытание на материале, подобном по своим теплофизическим характеристикам бетону.

В качестве основной модели возьмем бетонный блок  $205 \times 575 \times 1105$  мм. На базе такой геометрии смоделируем блок из другого вещества, линейный размер которого в 10 раз меньше.

Конструкция утепляется по периметру боковой поверхности на всю высоту (рис. 2), оставляя для осуществления процесса теплоотдачи две открытые грани снизу и сверху общей площадью  $0,453 \text{ м}^2$ .

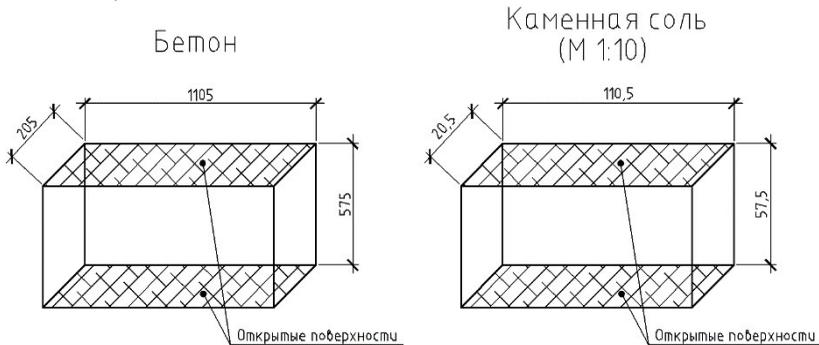


Рис. 2. Подобные модели исследования

Применительно к бетону моделью может служить вещество иного рода и состава. Однако выбирая из всех агрегатных состояний, предпочтительнее всего будет твердое тело. Дело в том, что при прогреве бетона через его открытые поверхности высвобождается энергия во внешнюю среду, при этом масса бетона практически не меняется [4]. В случае для жидкостей и газов возможна только замкнутая (изолированная) система, пото-

му как передача тепла во внешнюю среду в ситуации с открытыми поверхностями сопровождается массопереносом, а значит, нестационарным состоянием системы.

При помощи заданных характеристик ( $c$ ,  $m$ ,  $K_T$ ,  $F$ ,  $P$ ,  $\Delta t$ ) и уравнения (1) найдем время, за которое нагреваемая система достигает изотермического состояния с момента начала эксперимента.

Для бетона примем следующие данные:

$$c = 900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$m = 312,6 \text{ кг};$$

$$F = 0,453 \text{ м}^2;$$

$$K_T = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$P = 1000 \text{ Вт};$$

$$\Delta t = 50 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тогда время подъема температуры для бетона:

$$\tau = c \cdot m \cdot \Delta t / (P - K_T \cdot F \cdot \Delta t) = 18186 \text{ с}.$$

Отсюда вычислим значения критериев для бетона:

$$\pi_1 = 4,25 \cdot 10^{13}; \quad \pi_2 = 0,293; \quad \pi_3 = 3,29 \cdot 10^{13}.$$

В качестве подобного материала для бетона лучшим вариантом является каменная соль. Однако, учитывая уменьшение линейного размера в 10 раз, объем модели, а следовательно, и объемная мощность уменьшаются в 10 раз.

Для каменной соли примем следующие данные:

$$c = 920 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$m = 0,3 \text{ кг};$$

$$F = 0,00453 \text{ м}^2;$$

$$K_T = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$P = 10 \text{ Вт};$$

$$\Delta t = 50 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

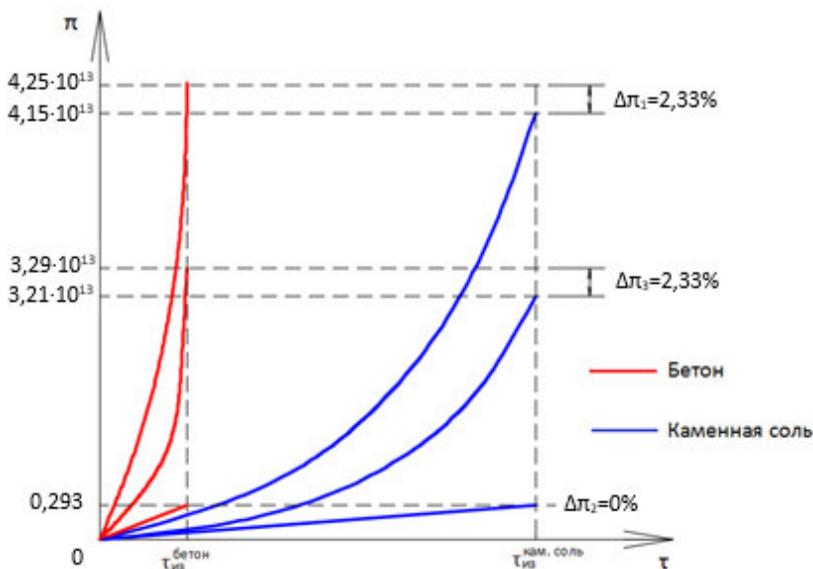


Рис. 3. Сравнение критериальных величин двух разнородных веществ

Время подъема температуры для каменной соли:

$$\tau = c \cdot m \cdot \Delta t / (P - K_T \cdot F \cdot \Delta t) = 1778 \text{ с.}$$

Отсюда вычислим значения критериев для каменной соли:

$$\pi_1 = 4,15 \cdot 10^{13}; \pi_2 = 0,293; \pi_3 = 3,21 \cdot 10^{13}.$$

Получим погрешность (рис. 3):  $\Delta\pi_1 = 2,33 \%$ ;  $\Delta\pi_2 = 0 \%$ ;  $\Delta\pi_3 = 2,33 \%$ . Полученные отклонения составили менее 5 %, следовательно, критерии подобия проверку на точность прошли.

### Вывод

1. Найдена приемлемая комбинация трех критериев подобия и теоретически доказана их физическая адекватность на примере иного вещества.

2. Правильность полученных критериев может подтверждаться экспериментально для каждой геометрии конструкции (цилиндр, плита, прямоугольная колонна).

3. В итоге появится новая методика, которая может служить основой для более удобного расчета прогрева бетона для случая зимнего бетонирования.

### **Список литературы**

1. *Гныря, А. И., Коробков, С. В.* Технология бетонных работ в зимних условиях : учеб. пособие. – Томск : Изд-во Том. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2011. – 412 с.
2. *Гныря, А. И., Подласова, И. А.* Электропрогрев бетона монолитных конструкций : учеб. пособие. – Томск : Изд-во Том. гос. архитектур.-строит. ун-та, 1998. – 90 с.
3. *Веников, В. А.* Теория подобия и моделирования : учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Высшая школа, 1976. – 479 с.
4. *Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера.* – Москва : Стройиздат, 1982. – 213 с.
5. *Дугерсурэн, Э., Титов, М. М.* Совершенствование технологического проектирования зимнего бетонирования в современном строительстве // Вестник Томского гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 159–168.

## **ОРГАНИЗАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО КОМПЛЕКСА**

**А.А. Черниченко<sup>\*</sup>, В.В. Герасимов<sup>\*\*</sup>, Е.В. Улитко<sup>\*</sup>,  
Н.А. Клещевникова<sup>\*\*\*</sup>**

Разработаны методические основы планирования и управления организационной надежностью решений реконструкции объектов на основе технологии ситуационного подхода. Последний предусматривает формирование ситуаций из множества факторов, определение нормативов надежности и использование их в динамике реализации объектов. Основой методического подхода является проектирование потока реконструктивных работ на основе нормативов надежности комплекса объектов, что позволяет формировать оптимальные планы и программы работ исполнителей комплексного реконструктивного строительного процесса. Реализация процесса представляет собой поток реконструируемых объектов с управляемым уровнем безопасности планов. Эффективность решения обеспечивается за счет повышения уровня достоверности плановых решений на основе нормативов надежности. Использование приведенной методики позволяет формировать плановые документы развития строительного комплекса на основе учета нормативов надежности.

Ключевые слова: реконструкция, надежность, организация, строительство, безопасность, планы.

### **Введение**

Методологические положения надежности в строительстве регламентированы А.А. Гусаковым и др. Вместе с этим вопросы нормирования и управления надежностью для решения различных видов деятельности еще недостаточно разработаны, что приводит к недоучету влияния различных факторов, и как следствие – к снижению безопасности выполнения строительных работ.

---

<sup>\*</sup> Аспирант кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

<sup>\*\*</sup> Д-р техн. наук, профессор кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

<sup>\*\*\*</sup> Магистрант кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

Понятие «надежность» предполагает оценку работоспособности потенциала строительной системы и проявляется в последующих модификациях: риск, неопределенность, опасность, безопасность. Понятие риска определяется уровнем достижения результата, неопределенность – границами вероятного отклонения параметров, опасность – нахождением потенциала в области отрицательных результатов, безопасность – нахождением в области положительных результатов. Множественность оценок состояния потенциала организации позволяет осуществлять различные стратегии защиты от различных факторов и подготавливать мероприятия по повышению его надежности.

Наиболее сложной задачей управления надежностью является организация реконструктивных строительных работ (РСР), поскольку имеются следующие отличия: стесненность условий производства работ, необходимость совмещения различных видов работ, увязывание работ под единую систему объекта, отсутствие нормирования надежности реконструктивных строительных работ.

В этих условиях задача разработки нормативной базы реконструктивных строительных систем становится актуальной.

Целью работы является исследование и разработка надежности реконструктивных строительных процессов. В практике надежность формируется в функциональных областях: в организации, технологии, экономике, финансировании. Интеграция надежности в этих областях представляет собой сложную задачу многоуровневой оптимизации параметров потенциалов организаций в условиях неопределенности и риска. Поэтому в работе принята область исследования организационной надежности как базовой конструкции архитектуры строительных систем.

В работе использованы методы системотехнического, технико-экономического и статистического анализа.

Полезность темы обусловлена возможностью разработки нормативно-методической базы эффективных организационных решений в области реконструкции объектов.

### **Методика исследований**

Исследование организационной надежности (ОН) реконструкции объектов включало задачи: разработки структуры объек-

тов по типам и видам зданий; моделирования системы организационно-технологических схем производства реконструктивных работ; исследования надежности потенциала строительной организации; оценки опасностей для потенциала различных факторов; разработки нормативов надежности и аналитических зависимостей.

Структурирование объектов по типам и видам зданий осуществлялось для последующего получения информационной базы нормативов надежности, параметров и показателей по комплексу объектов на примере жилой застройки города. Моделирование системы организационно-технологических схем производства реконструктивных работ осуществлялось для параметрирования реконструктивных схем по структуре объектов. Исследование надежности потенциала строительной организации предусматривало имитационное моделирование случайных отклонений параметров от нормативов проектных данных с формированием комплекса нормативов надежности по всей номенклатуре объектов. Оценка опасностей для потенциала от различных факторов предусматривала определение эффективности управления риском – опасностей и безопасности объекта и их комплекса; разработку нормативов надежности и аналитических зависимостей для потенциала и их использование в практике планирования и управления параметрами объектов при производстве работ.

Структурная схема моделей, процессов и параметров реконструктивной системы имеет вид [1]:

Модельный комплекс решения задач ОН реконструкции объектов:

– исходное положение информационного тренда параметров без учета организационно-технологической надежности (ОТН) объектов:

$$O^* \rightarrow Z \rightarrow P \rightarrow E \rightarrow (ЗБ - A), \quad (1)$$

где \* – существующая организационная схема объекта; O – объект; Z – затраты; P – прибыль; E – эффективность; ЗБ – зона безопасности; A – индекс безопасной зоны;

– новое положение тренда параметров с учетом ОН:

$$O \rightarrow (З + \Delta З + З_{у} - \Delta З) \rightarrow (\mathcal{E} - \Delta \mathcal{E}) \rightarrow (ЗО: Б, В), \quad (2)$$

где  $\Delta З$  – увеличение затрат из-за фактора риска;  $З_{у}$  – затраты по снижению риска;  $\Delta \mathcal{E}$  – снижение эффективности от фактора риска;  $ЗО$  – зона опасностей; Б, В – индексы зон опасностей.

Методика решения задач управления ОН объектов включает:

1. Исходное положение аналитической оценки параметров без учета ОН:

$$В = (З + П); \quad (3)$$

$$\mathcal{E} = P/Z > 1; \quad (4)$$

$$ЗБ \rightarrow А, \quad (5)$$

где В – выручка; З – затраты; П – прибыль;  $\mathcal{E}$  – эффективность; Р – результат; ЗБ – зона безопасности; А – область безопасного состояния.

2. Новое положение аналитической оценки параметров с учетом ОН:

$$В = (З + П + З_{ун} - \Delta З + \Delta З), \quad (6)$$

$$\text{если } З_{ун} < \Delta З, \text{ то } \mathcal{E} = (P/Z) > 1 \text{ } ЗО-А, \quad (7)$$

$$\text{если } З_{ун} = \Delta З, \text{ то } \mathcal{E} = (P/Z) = 1 \text{ } ЗО-Б, \quad (8)$$

$$\text{если } З_{ун} > \Delta З, \text{ то } \mathcal{E} = (P/Z) < 1 \text{ } ЗО-В, \quad (9)$$

где  $З_{ун}$  – затраты по управлению надежностью;  $\mathcal{E}$  – эффективность; Р – риск.

Варианты эффективности мероприятий управления ОН:

$$З_{ун}(Мр) = \Delta З \times Е_{ун}; \quad (10)$$

$$Е_{ун} < 0,5 - 1, \quad (11)$$

где  $З_{ун}(Мр)$  – затраты мероприятий по управлению риском;  $\Delta З$  – увеличение затрат от недоучета риска (надежности);  $Е_{ун}$  – коэффициент эффективности мероприятий по снижению риска.

Блоки включают следующее содержание (табл. 1):

1. Схемы организации реконструкции объектов: организационные схемы (надстройка, пристройка, наружная реконструкция, внутренняя реконструкция); типы зданий (кирпичные, монолитные, крупнопанельные, каркасные); вид объекта (5-, 9-, 12-, 16-этажные здания); элементы зданий (подземная часть, надземная часть, инженерное оборудование); параметры ОН (затраты, время).

Таблица 1

Схема исследования ОН объектов и реконструктивных строительных работ

1. Формирование вариантов схем организации РСР		3. Формирование аналитических зависимостей $B = f(\Delta)$
	ОН	
2. Имитационное моделирование вероятностей параметров схем РСР $ЧД = f(\Delta Z(T))$		4. Технология стохастического планирования РСР $\{Z(T) \times H_d\}t$

*Примечание:* ЧД – чистый доход; использование аналитических зависимостей предполагает решение задачи по мониторингу и регулированию параметров во времени.

2. Имитационное моделирование: модули Z и T в структуре схем объектов, отклонения модулей, расчет норматива надежности, формирование множества нормативов по структуре объектов.

3. Аналитические зависимости: функции  $B = f(\Delta)$  по схемам структуры объекта.

4. Стохастическое планирование: нормативы надежности, инструменты управления безопасностью объекта, местоположение нормативов надежности в планах организации.

Блочная система предусматривает получение результатов экспериментальных исследований следующих видов:

1. Классификация факторов, определяющих оценок состояния надежности элементов объекта.

2. Модели безопасности по кластерам организационных схем инженерных решений объекта.

3. Нормативы ОН по кластерам организационных схем инженерных решений объекта.

4. Аналитические зависимости вероятности от отклонений параметров организационных схем инженерных решений объекта.

5. Карты организационной безопасности по кластерам инженерных решений объекта.

Эффект научно-технического достижения разработки приведен в табл. 2.

Таблица 2

Эффект научно-технического достижения разработки надежности реконструктивных строительных работ

	Характеристика	Исходная документация	НИОКР	Разработка документации
Объект	СМО	СФР; БП; ОП	–	–
Объект управления	Надежность, риск	–	–	–
Новое решение	СУР на уровне ТЭР	Нормативы ОН	Целевые методики	Методики планирования
Эффект	Снижение потерь от риска за счет его нормирования	–	–	Расчет
Область внедрения	Строительный комплекс РСР	–	–	ПУР

*Примечание:* СМО – строительно-монтажная организация; СУР – система управления риска; ТЭР – технико-экономический расчет; СФР – сметно-финансовый расчет; БП – бизнес-план; ОП – организационный план; ПУР – проект управления риском.

## **Результаты исследований**

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить, что затраты и продолжительность реконструктивных строительных работ зависят от внешних и внутренних факторов. Проведенными расчетами установлено, что уровень надежности по видам и типам объектов составляет 0,974–0,954, при оптимизации – соответственно 0,984–0,964 после страхования факторов. Полученные уравнения регрессии надежности могут быть использованы для разработки автоматизированных программ процесса планирования и управления планами реконструктивных строительных работ.

## **Согласование с известными данными**

Результаты исследований ОТН реконструктивных организационных решений строительных объектов являются развитием существующих основ теории системотехники сложных систем [2] и дополнены развитием знаний в области методических основ динамики надежности потоковых процессов организационных решений.

## **Заключение**

Организационные модели реконструктивных строительных процессов в существующей практике не учитывают факторы надежности потенциала организации, что снижает качество планирования и приводит в последующем к неэффективному использованию ресурсов. На практике методический подход может быть использован при оценке опасностей с последующей разработкой мероприятий по обеспечению безопасности организации.

Эффективность использования приведенного подхода в проектировании и планировании строительства объектов определяется эффектами: в планировании – за счет учета и страхования риска, в управлении – за счет использования аналитического комплекса в процессе регулирования отклонений при реализации планов.

### Список литературы

1. *Герасимов, В. В., Коробова, О. А., Левченко, А. В., Сафарян Г. Б.* Организационная надежность производственно-логистических проектов строительных объектов // Экономика и организационно-управленческие проблемы развития строительного комплекса России : сборник научных трудов Всесоюзной конференции. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин ), 2014. – С. 34–39.
2. *Романова, А. И.* Методология комплексного подхода к решению проблемы устойчивого экономического развития инвестиционно-строительного комплекса // Известия Казанского гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2005. – № 1 (3). – С. 105–107.

## **ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛЯ СВАЙ НА СОВМЕСТНЫЕ С ГРУНТОВЫМ ОСНОВАНИЕМ ОСАДКИ**

**В.В. Эсаулов<sup>\*</sup>, Н.М. Кандаурова<sup>\*\*</sup>**

В статье показана актуальность проблемы, связанной с осадкой буронабивных свай. Произведен анализ существующих типов свай и технологий их устройства. Произведен расчет осадки трех типов буронабивных свай. По результатам расчетов выявлен профиль свай, обеспечивающих их минимальную осадку. Произведен расчет осадки винтовой буронабивной сваи с применением трех типов винтового профиля сваи. Все результаты расчетов представлены в сравнительных таблицах. По результатам расчетов сделаны основные выводы о применении рационального типа и профиля сваи. Все расчеты проводились в программном комплексе ANSYS Academic R19.2.

Ключевые слова: буронабивные сваи, винтовой профиль, круглый профиль, свая с уширением, осадка, ANSYS Academic R19.2.

### **Актуальность проблемы**

Осадка буронабивной сваи определяется прочностью грунта основания и формой сваи. Буронабивные сваи применяются для фундаментов зданий и сооружений любого назначения при значительных сосредоточенных вертикальных и горизонтальных внешних нагрузках [1].

Под воздействием нагрузки от сооружения его основание деформируется и дает осадку. Осадкой основания (или осадкой фундамента) называют вертикальное перемещение поверхности грунта под подошвой фундамента, связанное с передачей на основание нагрузки от сооружения.

Нагруженная свая оказывает давление на окружающий ее массив грунта, в каждой точке которого из-за этого возникают, кроме активных, равные по величине, но противоположные по знаку реактивные напряжения грунта: нормальные  $\sigma_o$  в уровне

---

\* Магистрант кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

\*\* Канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин)

низа (подошвы) сваи, нормальные (обжимающие)  $\sigma_0$  и касательные  $\tau$  на ее боковой поверхности. Этот массив называют зоной активного давления нагруженной сваи на грунт (сокращенно – активной зоной) [2].

Увеличение объемов высотного строительства в стесненных условиях в окружении существующих зданий и сооружений приводит к применению буронабивных свай.

### **Анализ существующих исследований**

На основе проведенного анализа существующих технологий и исследований [3–6], а также на основании патентного поиска [7–12] был сделан вывод о том, что в строительстве применяют три вида профилей буронабивных свай: сваи гладкого профиля, сваи с уширением и винтовые сваи.

В проанализированных нормативных документах [13–15] отсутствует описание технологии изготовления железобетонных винтовых свай. Основным несущим элементом винтовой сваи считают стальную винтовую лопасть.

Выполненный анализ позволил выявить следующие *противоречия*:

1. Осадка сваи зависит не только от длины и диаметра тела сваи, но и от формы сечения и технологии устройства.

2. У висячих свай передача нагрузок через боковую поверхность происходит неравномерно.

3. Отсутствие в нормативных документах технологии изготовления винтовой железобетонной буронабивной сваи.

4. При устройстве железобетонных буронабивных винтовых свай происходит дополнительное уплотнение грунта в окосвайной области.

*Проблемы*, имеющиеся в реальном производстве:

1. При больших нагрузках приходится изготавливать буронабивные сваи большой длины и диаметра или сваи-стойки, что приводит:

- а) к расходу большого количества бетона и арматуры;
- б) большим затратам времени и труда;
- в) увеличению стоимости изготовления буронабивных свай.

2. Применение множества сложного оборудования для устройства свай в различных грунтовых условиях.

*Объектом исследования* является профиль буронабивных свай, обеспечивающий минимальную осадку.

*Предметом исследования* являются закономерности изменения деформационных свойств грунтового массива, осадка буронабивных свай в зависимости от профиля тела сваи.

Таким образом, *целью* является изучение влияния профиля буронабивных свай на их осадку.

Для достижения цели необходимо решить следующие *задачи*:

- провести исследования и установить закономерность изменения осадок свай в зависимости от формы сечения сваи;
- разработать рациональную модель буронабивной сваи, обеспечивающую минимальную осадку.

*Научная новизна* заключается в следующем:

- установлены закономерности изменения осадок сваи в зависимости от формы продольного и поперечного сечения буронабивных свай;
- предложена модель шнека.

Методологической основой для решения поставленных задач является системный подход, включающий численное моделирование в программном комплексе ANSYS Academic R19.2.

Ниже будет показан расчет осадки трех типов свай в зависимости от приложенного давления (рис. 1–4).

Сваи представляют собой железобетонный стержень. Вокруг сваи задан грунтовый массив. Исходные данные грунта: тип грунта – суглинок; угол внутреннего трения  $\varphi = 27^\circ$ ; плотность  $\rho = 1886 \text{ кг/м}^3$ ; удельное сцепление  $c = 22 \text{ кПа}$ ; модуль деформации грунта  $E = 6 \text{ МПа}$ ; коэффициент Пуассона  $\mu = 0,35$ . Гидрологические условия не рассматривались.

На верхний торец каждой из свай была приложена распределенная нагрузка, равная  $0,2 \text{ МПа}$ . Грунт имел жесткое закрепление по пяти сторонам. Осадка сваи проверялась через функцию Total Deformation.

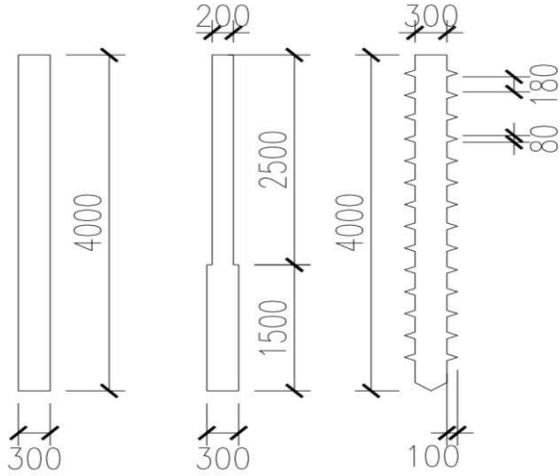


Рис. 1. Свая круглого профиля, свая с уширением и свая винтового профиля

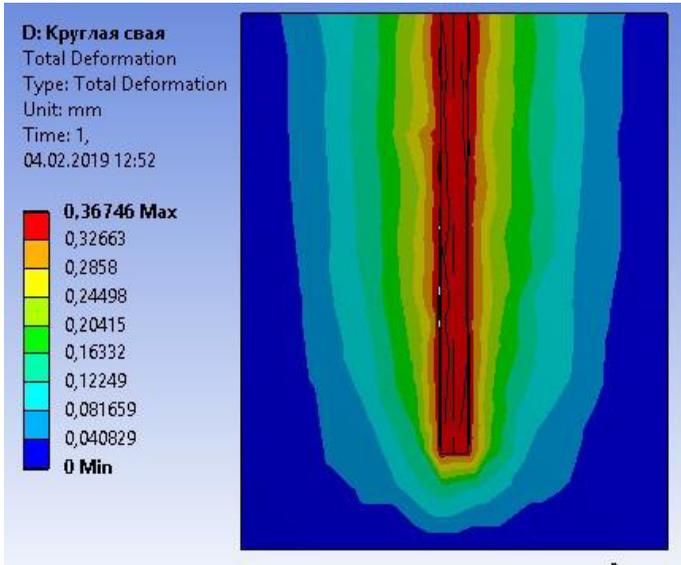


Рис. 2. Осадка сваи круглого профиля

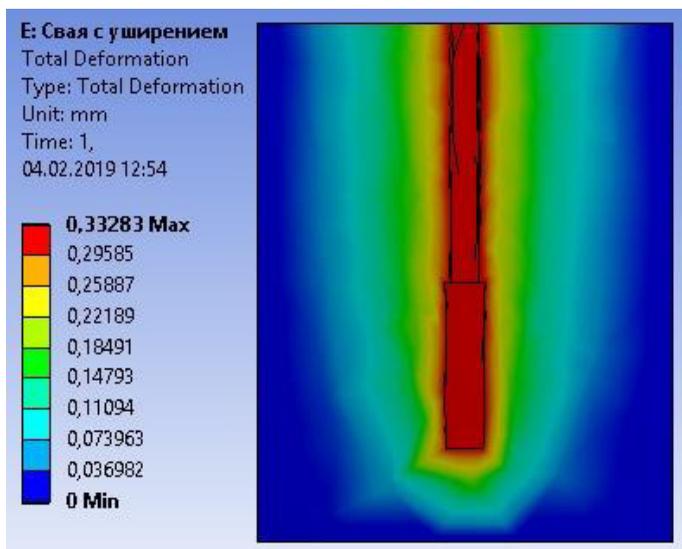


Рис. 3. Осадка сваи с уширением

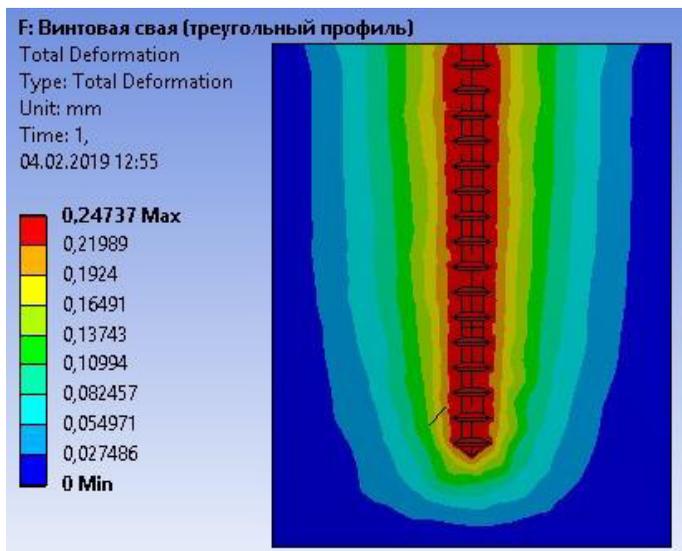


Рис. 4. Осадка сваи винтового профиля

Таблица 1

Осадка железобетонных буронабивных свай  
от воздействия распределенной нагрузки 0,2 МПа

Вид сваи	Суммарное вертикальное перемещение, мм	Процентное соотношение, %
Винтовая	0,247	67
Свая с уширением	0,333	90
Свая гладкого профиля	0,367	100

Также был произведен расчет на подбор профиля самого винта сваи: треугольный, трапециевидный и круглый профиль (рис. 5–8).

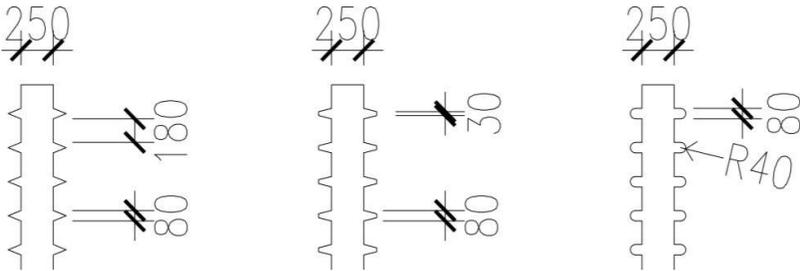


Рис. 5. Треугольный, трапециевидный и круглый профиль  
винтовой буронабивной сваи

Как и ранее, сваи были погружены в грунт. Была приложена распределенная нагрузка 0,2 МПа. Осадка сваи проверялась через функцию Total Deformation.

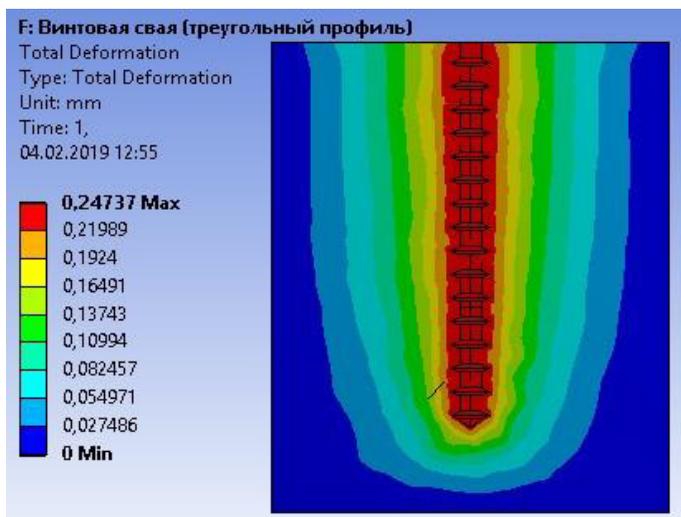


Рис. 6. Осадка винтовой сваи треугольного профиля

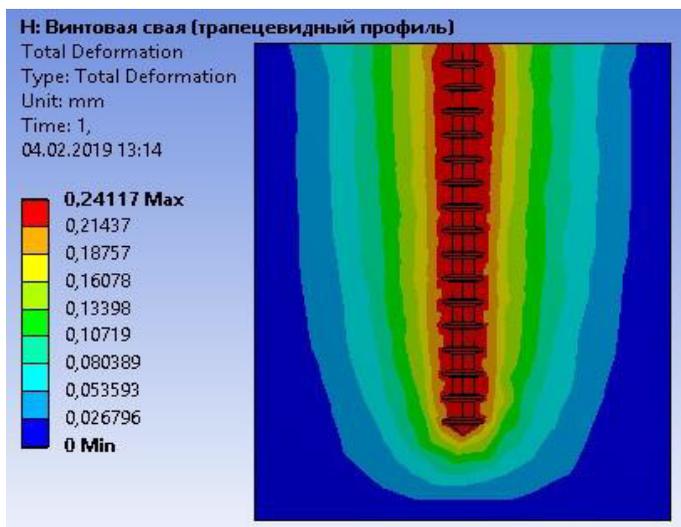


Рис. 7. Осадка винтовой сваи трапецевидного профиля

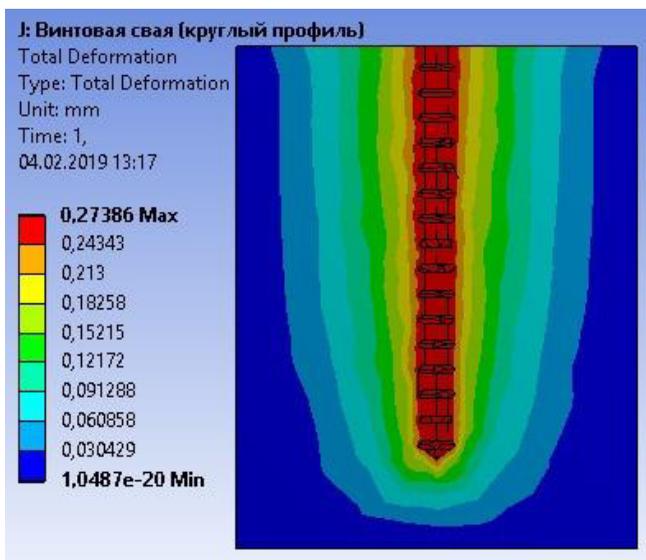


Рис. 8. Осадка винтовой сваи круглого профиля

## Вывод

Из результатов решения, приведенного в табл. 1, можно сделать вывод о том, что винтовые железобетонные буронабивные сваи являются рациональным вариантом свай, уменьшающих осадку. Сваи винтового профиля уменьшают осадку по сравнению со сваями круглого профиля  $\approx$  в 1,5 раза.

Из данных табл. 2 делаем вывод о том, что сам профиль винта незначительно влияет на осадку, сваи в структурно-неустойчивом грунте.

Таблица 2

Осадка железобетонных буронабивных свай от воздействия распределенной нагрузки 0,2 МПа

Вид сваи	Суммарное вертикальное перемещение, мм
Винтовая треугольного профиля	0,247
Винтовая трапецевидного профиля	0,241
Винтовая круглого профиля	0,274

Винтовые сваи позволяют уменьшить осадку буронабивных железобетонных свай за счет уплотнения околосвайного грунта и работы винтового профиля сваи.

Также можно увидеть, что при заданной нагрузке происходит разрушение круглого профиля винтовой буронабивной сваи, а профиль под действием давления стремится приобрести треугольную форму (рис. 9).

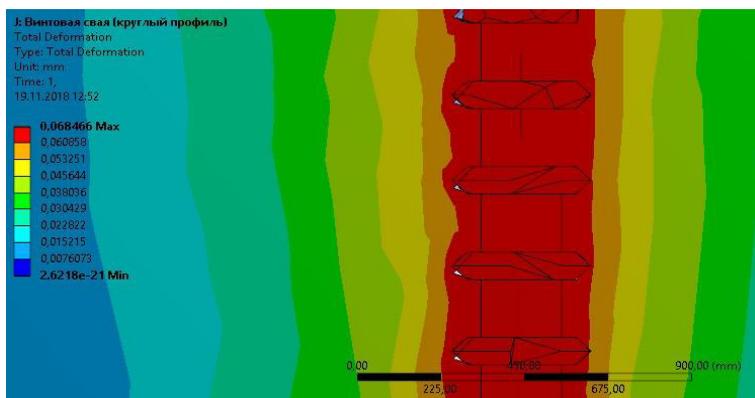


Рис. 9. Разрушение круглого профиля винтовой сваи

Основные гипотезы:

1. Уширение сваи следует делать в месте максимальной передачи нагрузки.
2. Винтовые сваи позволяют уменьшить осадку буронабивных железобетонных свай за счет уплотнения околосвайного грунта и работы винтового профиля сваи.
3. Увеличение длины и диаметра сваи не всегда возможно (существующие здания, коммуникации и др.).

Устройство для образования буронабивных свай винтового профиля – это изобретение, относящееся к строительству, а именно к устройствам, уменьшающим осадку буронабивных свай, которое найдет применение при строительстве фундаментов зданий и сооружений. Применение предлагаемого устройства позволит не только увеличить плотность стенок скважины, пробуренной под буронабивную сваю, но и получить на ее по-

верхности отштампованные винтовые профили, которые при формировании сваи будут заполнены бетоном, в результате чего боковое сцепление сваи со стенками скважины значительно увеличится и приблизится к величине удельной силы сдвига грунта, что значительно уменьшит осадку буронабивных свай.

### Список литературы

1. *Метелюк, Н. С., Шишко, Г. Ф., Соловьева, А. Б., Грузинцев, В. В.* Сваи и свайные фундаменты : справ. пособие. – Киев : Будівельник, 1977. – 256 с.
2. *Глотов, Н. М., Луга, А. А., Силин, К. С., Завериев, К. С.* Свайные фундаменты. – Москва : Транспорт, 1975. – 432 с.
3. *Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. Е. А. Сорочана, Ю. Г. Трофименкова.* – Москва : Стройиздат, 1985. – 479 с.
4. *Бахолдин, Б. В., Берман, В. И., Михайленко, И. В.* Экспериментальные исследования несущей способности буронабивных полых свай на вертикальную нагрузку // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1988. – № 2. – С. 14–16.
5. *Еремин, В. Я.* Разрядно-импульсные технологии на стройках России // Стройклуб. – 2002. – № 1–2. – С. 11–15.
6. *Ильичев, В. А.* Современное состояние фундаментостроения и перспективы его развития // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении : в 2-х т. – Т. 1 : Новейшие методы исследования строительных свойств грунтов, прогрессивные способы возведения фундаментов и устройства оснований. – Москва : Стройиздат, 1987. – С. 5–28.
7. *Пат. RU 2260654.* Способ изготовления буронабивной сваи с уплотнением грунта в забое скважины. РФ № 2003136960/03 ; заявл. 22.12.2003 ; опубл. 20.09.2005.
8. *Пат. РФ № 2478754.* Устройство для образования винтового профиля на стенках скважин под буронабивные сваи ; заявл. 08.11.2011 ; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10.

9. *Пат. РФ № 2332540*. Способ возведения буронабивной сваи-инъектора ; заявл. 08.08.2006 ; опубл. 27.08.2008.
10. *Пат. RU 2353729*. Теряемый наконечник для сооружения буронабивной сваи. РФ № 2007108729/03 ; заявл. 01.03.2007 ; опубл. 27.04.2009.
11. *Пат. RU 2322550*. Способ изготовления буронабивной сваи с уширенной пятой. РФ № 2006140149/03 ; заявл. 15.11.2006 ; опубл. 20.04.2008.
12. *Пат. RU 2328575*. Устройство для сооружения буронабивных винтовых свай. РФ № 2007106306/03 ; заявл. 21.02.2007 ; опубл. 10.07.2008.
13. *СП 50-102-2003*. Проектирование и устройство свайных фундаментов : утв. постановлением Госстроя РФ № 96 21.06.03 : введ. впервые. – Москва : НИИОСП, 2004. – 80 с.
14. *СП 22.13330.2016*. Основания зданий и сооружений : актуализированная версия СНиП 2.02.01-83\* : введ. впервые. – Москва : НИИОСП, 2017. – 166 с.
15. *СП 24.13330.2011*. Свайные фундаменты : актуализированная версия СНиП 2.02.03-85 : введ. впервые. – Москва : НИИОСП, 2011. – 90 с.

Редактор В.Н. Болоцких  
Корректор А.В. Тренина

Санитарно-эпидемиологическое заключение  
№ 54.НС.05.953.П.006252.06.06 от 26.06.2006 г.  
Подписано к печати 02.10.2019. Формат 60×84/16.  
Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Уч.-изд.л. 6,5; п.л. 10,5. Тираж 100 экз. Заказ №

---

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

---

Отпечатано