

# Содержание

## Обследование и оценка технического состояния

<i>Соколов В.А.</i> <b>ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ</b>	2
<i>Павлова Г.А., Павлова А.Н.</i> <b>АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ</b>	7
<i>Байбурин А.Х.</i> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ</b>	11
<i>Байбурин А.Х., Байбурин Д.А.</i> <b>НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ</b>	16
<i>Исхаков Ш.Ш., Васкевич В.М., Ковалев Ф.Е., Сергеев Д.В.</i> <b>МЕТОД ВИБРАЦИОННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЛУЧАЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК</b>	23

## Ремонт и усиление

<i>Плевков В.С., Балдин И.В., Гончаров М.Е.</i> <b>ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА КАРДИОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА В Г. КЕМЕРОВО</b>	31
<i>Кумпяк О.Г., Пахмурин О.Р., Самсонов В.С.</i> <b>ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ОПОР ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ</b>	37
<i>Ягофаров Х.М., Ягофаров, А.Х. Разумов А.В.</i> <b>РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТА ПО КОНСОЛЬНО- БАЛОЧНОЙ СХЕМЕ</b>	41

## Проектирование объектов

<i>Волосухин В.А.</i> <b>ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ ОЛИМПИЙСКИХ ОБЪЕКТОВ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ</b>	45
<i>Никонов Н.Н.</i> <b>ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ</b>	51

## Техническое регулирование в строительстве

<i>Никонов Н.Н.</i> <b>ВПЕРЕД В БУДУЩЕЕ. НО С ЧЕМ ПОЙДЕМ?</b>	64
<i>Мельчаков А.П., Никонов Н.Н.</i> <b>КАК СДЕЛАТЬ ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ О БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ДЕЙСТВЕННЫМ ДОКУМЕНТОМ?</b>	68
<i>Никонов Н.Н.</i> <b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАКОНОТВОРЧЕСТВО</b>	73
<i>Никонов Н.Н.</i> <b>ПОСЛЕСЛОВИЕ К НАПИСАННЫМ СТАТЬЯМ О ТЕХНИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ</b>	83

## Обследование и оценка технического состояния

# ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ PROBABILISTIC RECOGNITION APPROACH IN THE BUILDING SYSTEMS TECHNICAL CONDITION ASSESMENT

УДК 621-21-9

Соколов В.А

Санкт-Петербургский государственный  
политехнический университет.

Sokolov V.A.

Saint-Petersburg State Polytechnic University

**Аннотация**

Для решения задач по определению достоверной картины технического состояния здания и его конструктивных элементов предлагается подход, основанный на вероятностном теоретическом аппарате методов технической диагностики. Приведен пример диагностирования состояний элементов междуэтажного перекрытия промышленного здания старой городской застройки, выполненного в монолитном железобетоне по схеме балочной клетки. При этом использованы методы теории информации. На основе структурного анализа получены численные значения вероятностей отнесения элементов перекрытия к установленным современным нормами категориям технического состояния.

**Ключевые слова**

Технического состоя, на вероятностном теоретическом аппарате методов технической диагностики, междуэтажного перекрытия, методы теории информации, структурного анализа, категориям технического состояния.

**Summary**

To define valid technical state of the building and its structural elements, the approach based on the probabilistic theoretical methods of technical diagnostics is proposed. The example of determination of the technical state of a beam and girder reinforced concrete floor of industrial building situated in old urban development by the means of theory of information is given. On the basis of unit analysis the numerical values for probabilities of evaluating the elements of floor's technical state in accordance with categories of modern building Code are obtained.

**Key words**

Technical state, theoretical methods of technical diagnostics, of a beam and girder reinforced concrete floor, theory of information, unit analysis, categories.

В статье [1] рассмотрен подход, основанный на теоретическом аппарате технической диагностики и предложенный для оценки технического состояния зданий и сооружений, а также для назначения категорий их технического состояния с использованием вероятностных методов распознавания состояний сложных технических систем. Диагностирование предлагается выполнить статистическими методами с использованием обобщенной формулы Байеса

$$P(S_i / K^*) = \frac{P(S_i)P(K^* / S_i)}{\sum_{s=1}^n P(S_s)P(K^* / S_s)}.$$

Приведен пример реализации метода Байеса для диагностирования состояний одной из главных балок  $G_i$  железобетонного монолитного междуэтажного перекрытия здания старой городской застройки промышленного типа с применением построенной для балок подобного типа диагностической матрицы (см. таблицу). Рассмотрена балка  $G_1$ , состояния которой определены при следующей реализации диагностических признаков [1]:

1. повреждения наружной поверхности есть;
2. продольные трещины в защитном слое есть;
3. нормальные трещины в растянутой зоне раскрытием до 0,4 мм есть;

4. наклонные трещины есть;
5. прочность бетона оказалась на 10% ниже проектной;
6. имеет место обнажившаяся арматура, 5% сечения которой поражено коррозией;
7. прогиб не превышает нормативный;
8. условие прочности при расчете по нормальным сечениям удовлетворяется;
9. условие прочности при расчете по наклонным сечениям удовлетворяется.

**Диагностическая матрица для главных балок монолитного железобетонного перекрытия.**  
**Diagnostic matrix for monolithic armoured concrete floor main beams.**

№ п/п	Диагностические признаки	$k_{ij}$	Реализация признаков	$p(k_{ij})$	Сост. $S_1$	Сост. $S_2$	Сост. $S_3$	Сост. $S_4$	Сост. $S_5$
					$P(S_1)$	$P(S_2)$	$P(S_3)$	$P(S_4)$	$P(S_5)$
					0,18	0,29	0,35	0,13	0,05
1	Повреждение бетона, снижение его св-ва по отношению к арм.	$k_{11}$	да	$p(k_{11})$	0,14	0,29	0,40	0,56	0,76
		$k_{12}$	нет	$p(k_{12})$	0,86	0,71	0,60	0,35	0,14
2	Продольные трещины в защитном слое вдоль арматуры стержней	$k_{21}$	да	$p(k_{21})$	0,05	0,27	0,38	0,59	0,88
		$k_{22}$	нет	$p(k_{22})$	0,95	0,73	0,62	0,41	0,12
3	Нормальные трещины (ширина раскрытия)	$k_{31}$	< 0,4мм	$p(k_{31})$	0,92	0,78	0,67	0,54	0,22
		$k_{32}$	до 1,0 мм	$p(k_{32})$	0,07	0,21	0,28	0,34	0,48
		$k_{33}$	≥ 1,0 мм	$p(k_{33})$	0,01	0,01	0,05	0,12	0,30
4	Наклонные трещины (наличие)	$k_{41}$	да	$p(k_{41})$	0,03	0,05	0,28	0,30	0,35
		$k_{42}$	нет	$p(k_{42})$	0,97	0,95	0,72	0,70	0,65
5	Прочность бетона	$k_{51}$	проектная	$p(k_{51})$	0,79	0,49	0,33	0,28	0,20
		$k_{52}$	≤ 30%	$p(k_{52})$	0,17	0,33	0,36	0,39	0,42
		$k_{53}$	> 30%	$p(k_{53})$	0,04	0,18	0,31	0,33	0,38
6	Коррозия арматуры	$k_{61}$	< 5%	$p(k_{61})$	0,73	0,52	0,33	0,26	0,13
		$k_{62}$	5 – 20%	$p(k_{62})$	0,23	0,28	0,34	0,39	0,40
		$k_{63}$	> 20%	$p(k_{63})$	0,04	0,20	0,33	0,35	0,47
7	Прогиб	$k_{71}$	допускаемый	$p(k_{71})$	0,93	0,82	0,59	0,35	0,11
		$k_{72}$	≤ 30%	$p(k_{72})$	0,05	0,11	0,28	0,39	0,43
		$k_{73}$	> 30%	$p(k_{73})$	0,02	0,07	0,13	0,26	0,46
8	Условие прочности по нормальным сечениям	$k_{81}$	да	$p(k_{81})$	0,93	0,75	0,53	0,29	0,09
		$k_{82}$	нет	$p(k_{82})$	0,07	0,25	0,47	0,71	0,91
9	Условие прочности по наклонным сечениям	$k_{91}$	да	$p(k_{91})$	0,94	0,83	0,75	0,55	0,3

Получены результаты расчета для принятых в нормах пяти категорий технического состояния [1] в виде апостериорных вероятностей  $P(G_{In}/K_1^*)$ :

$$P(G_{11}/K_1^*) = 0,351/39,9 = 0,0088; \quad P(G_{12}/K_1^*) = 7,76/39,9 = 0,194;$$

$$P(G_{13}/K_1^*) = 27,81/39,9 = 0,697; \quad P(G_{14}/K_1^*) = 3,94/39,9 = 0,099;$$

$$P(G_{15}/K_1^*) = 0,046/39,9 = 0,0011.$$

Далее приведен численный пример анализа полученных результатов с помощью методов теории информации, основанных на расчете информационной энтропии. Энтропия рассматривается как степень неопределенности рассматриваемого элемента системы – главной балки  $G^I$  в отношении полученных выше вероятностей ее состояний. Вычислена степень неопределенности (эн-

тропия) рассматриваемой балки  $H(G^1) = 0,358$ . Затем введено понятие степени определенности  $V(G^1)$ , и записана зависимость для вычисления этого параметра

$$V(G_1) = H(G)_{\max} - H(G_1) = 0,700 - 0,358 = 0,342.$$

В литературных источниках по теории информации [2, 3] эта величина может быть названа количеством внесенной информации. В [1] отмечено, что в дальнейшем вероятностном анализе ее можно рассматривать как вклад состояния главной балки  $G^1$  в состояние более сложной системы следующего анализируемого уровня. В результате показано, что обследуемый элемент системы – главная балка  $G^1$  с вероятностью  $P(G^{13}/K^1) = 0,697$  относится к третьей (ограниченно работоспособной) категории технического состояния, которая характеризуется степенью определенности этого состояния, равной  $V(G^1) = 0,342$ .

Аналогичные параметры получены для балки  $G^2$  этого же перекрытия. Методика вероятностного расчета и диагностическая матрица для этой балки приняты такими же, как и для балки  $G^1$  [1], но диагностирование проведено при иных исходных условиях, которые установлены в ходе обследования балки  $G^2$ . Иначе говоря, признаки, характеризующие состояния балок в диагностической матрице (см. [1]), для балки  $G^2$  имеют свою, независимую от балки  $G^1$ , реализацию и, например, состоят в следующем:

- 1) повреждения наружной поверхности есть;
- 2) продольных трещин в защитном слое нет;
- 3) нормальные трещины в растянутой зоне раскрытием до 0,4 мм есть;
- 4) наклонных трещин нет;
- 5) прочность бетона оказалась не ниже проектной;
- 6) имеет место обнажившаяся арматура, менее 5% сечения которой поражено коррозией;
- 7) прогиб превышает нормативный на 10%;
- 8) условие прочности при расчете по нормальным сечениям удовлетворяется;
- 9) условие прочности при расчете по наклонным сечениям удовлетворяется.

Тогда для балки  $G^2$  по аналогии с  $G^1$  получено:

$$P(G_{21}/K_1^*) = 53,85/189,9 = 0,284; \quad P(G_{22}/K_1^*) = 79,37/189,9 = 0,418;$$

$$P(G_{23}/K_1^*) = 50,75/189,9 = 0,267; \quad P(G_{24}/K_1^*) = 5,93/189,9 = 0,031;$$

$$P(G_{25}/K_1^*) = 0,025/189,9 = 0,00013.$$

Как видно, техническое состояние балки  $G^2$  с вероятностью  $P(G^{22}/K^1) = 0,418$  может быть отнесено ко второй (работоспособной) категории технического состояния. При этом энтропия получилась равной

$$H(G_2) = - \sum_{j=1}^m P(G_{2j}) \log P(G_{2j}) = 0,514.$$

Степень определенности или количество внесенной информации для рассматриваемого элемента системы – балки  $G^2$ , определится зависимостью

$$V(G_2) = H(G)_{\max} - H(G_2) = 0,700 - 0,514 = 0,186.$$

По аналогии с балкой  $G^1$ , – в дальнейшем вероятностном анализе этот параметр также рассматривается как информационный вклад состояния главной балки  $G^2$  в состояние системы следующего анализируемого уровня.

Таким образом, балка  $G^2$  с вероятностью  $P(G^{22}/K^1) = 0,418$  относится ко второй (работоспособной) категории технического состояния, которая реализуется со степенью определенности этого состояния  $V(G^2) = 0,186$ .

Использование полученных параметров в дальнейшем вероятностном анализе рассмотрено на примере диагностирования технического состояния более сложной конструктивной системы, состоящей теперь из двух элементов перекрытия (или двух конструктивных подсистем) – главных балок  $G^1$  и  $G^2$  с вычисленными выше вероятностными параметрами. Требуется получить расклад состояний для некоторой объединенной системы  $G = G^1G^2$ , которая определяется сочетанием состояний подсистем  $G^1$  и  $G^2$ .

На начальном этапе анализа принято, что реализация одного из состояний балки  $G^1$  не влияет на вероятность возможного состояния балки  $G^2$ , т.е. рассматриваемые подсистемы можно считать статистически независимыми. При этом состояния обеих балок, рассматриваемые как случайные события, могут быть зафиксированы одновременно, т.е. эти события совместны. Таким образом, на начальном этапе диагностирования, следуя понятиям теории вероятностей, предлагается иметь дело с событиями совместными, но независимыми.

Основываясь на данных литературных источников [2, 3], выражение для вычисления энтропии рассматриваемой объединенной системы  $G^1G^2$  можно записать в следующем виде

$$H(G_1G_2) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(G_{1i}G_{2j}) \log P(G_{1i}G_{2j}). \tag{1}$$

Так как подсистемы независимы, то

$$P(G_{1i}G_{2j}) = P(G_{1i})P(G_{2j}). \tag{2}$$

С учетом равенства (2) выражение (1) примет вид

$$\begin{aligned} H(G_1G_2) &= - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(G_{1i})P(G_{2j}) \log P(G_{1i})P(G_{2j}) = \\ &= - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(G_{1i})P(G_{2j}) [\log P(G_{1i}) + \log(P(G_{2j}))] = \\ &= - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [P(G_{1i})P(G_{2j}) \log P(G_{1i}) + P(G_{1i})(P(G_{2j}) \log P(G_{2j}))]. \end{aligned} \tag{3}$$

Первое слагаемое в квадратных скобках можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(G_{1i})P(G_{2j}) \log P(G_{1i}) &= P(G_{11}) \log P(G_{11}) \sum_{j=1}^m P(G_{2j}) + \\ &+ P(G_{12}) \log P(G_{12}) \sum_{j=1}^m P(G_{2j}) + \dots \end{aligned} \tag{4}$$

Так как состояния каждой из подсистем, как случайных несовместных событий, представляют собой полную группу, то

$$\sum_{i=1}^n P(G_{1i}) = 1; \sum_{j=1}^m P(G_{2j}) = 1. \tag{5}$$

Тогда сумма (4) с учетом (5) примет вид

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(G_{1i})P(G_{2j}) \log P(G_{1i}) = \sum_{i=1}^n P(G_{1i}) \log P(G_{1i}).$$

Если для второй суммы в формуле (3) выполнить аналогичные преобразования, то эта формула запишется так:

$$H(G_1G_2) = - \left[ \sum_{i=1}^n P(G_{1i}) \log P(G_{1i}) + \sum_{j=1}^m P(G_{2j}) \log P(G_{2j}) \right], \tag{6}$$

или окончательно

$$H(G_1G_2) = H(G_1) + H(G_2). \quad (7)$$

Таким образом, энтропия сложной системы, объединяющей две статистически независимые подсистемы, как видно, равна сумме энтропий этих подсистем. Так как энтропия системы – величина всегда положительная (или равна 0), то при объединении подсистем энтропия только возрастает (или остается прежней). В данном примере величина  $H(G^1G^2)$  получилась равной

$$H(G_1G_2) = H(G_1) + H(G_2) = 0,358 + 0,514 = 0,872.$$

В [3] показано, что, если система состоит из  $k$  подсистем, каждая из которых имеет  $n$  состояний, то максимально возможная энтропия такой системы определяется зависимостью

$$H(G_1G_2)_{\max} = k \log n = 2 \cdot \log 5 = 1,400.$$

Анализируя выражения (6) и (7), можно показать, что

$$[k \log n - H(G_1G_2)] = [\log n - H(G_1)] + [\log n - H(G_2)]$$

или

$$[H(G_1G_2)_{\max} - H(G_1G_2)] = [H(G)_{\max} - H(G_1)] + [H(G)_{\max} - H(G_2)]$$

или

$$V(G_1G_2) = V(G_1) + V(G_2) \quad (8)$$

Действительно, если подставить численные значения из рассмотренных примеров, то выражение (8) будет иметь вид:

$$(1,400 - 0,872) = (0,700 - 0,358) + (0,700 - 0,514).$$

или

$$0,528 = 0,342 + 0,186.$$

При этом величина  $V(G^1G^2) = 0,528$  характеризует степень определенности или количество внесенной информации уже для объединенной системы  $G = G^1G^2$  и, при необходимости проведения дальнейшего анализа, оценивает ее вклад в состояние системы следующего, более высокого, уровня.

Если же, как отмечено выше, требуется получить расклад состояний для объединенной системы  $G = G^1G^2$ , которая определяется сочетанием состояний подсистем  $G^1$  и  $G^2$ , то удобно ввести понятие вероятностей степени определенности этих подсистем в следующем виде:

$$P(V^1) = V(G^1)/V(G^1G^2) = 0,342/0,528 = 0,648;$$

$$P(V^2) = V(G^2)/V(G^1G^2) = 0,186/0,528 = 0,352.$$

В таком случае вероятности реализации пяти категорий технического состояния для объединенной системы  $G = G^1G^2$  предлагается определить по следующим зависимостям:

$$P_1(G_1G_2)/K_1^* = P(G_{11}/K_1^*)P(V_1) + P(G_{21}/K_1^*)P(V_2) = 0,106;$$

$$P_2(G_1G_2)/K_1^* = P(G_{12}/K_1^*)P(V_1) + P(G_{22}/K_1^*)P(V_2) = 0,273;$$

$$P_3(G_1G_2)/K_1^* = P(G_{13}/K_1^*)P(V_1) + P(G_{23}/K_1^*)P(V_2) = 0,546;$$

$$P_4(G_1G_2)/K_1^* = P(G_{14}/K_1^*)P(V_1) + P(G_{24}/K_1^*)P(V_2) = 0,075;$$

$$P_5(G_1G_2)/K_1^* = P(G_{15}/K_1^*)P(V_1) + P(G_{25}/K_1^*)P(V_2) = 0,00076.$$

Таким образом, исследуемую систему  $G = G^1G^2$  можно отнести к третьей (ограниченно работоспособной) категории технического состояния с вероятностью этого состояния  $P^3(G^1G^2/K^1) = 0,546$ . Аналогично может быть построено решение для диагностирования состояний всех главных балок рассматриваемого перекрытия, а далее всех остальных его элементов – второстепенных балок, плитных участков и колонн и затем, для перекрытия в целом.

### Библиографический список

1. Соколов В.А. Определение категорий технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений с использованием вероятностных методов распознавания // Сборник научных трудов IV Международной конференции «Предотвращение аварий зданий и сооружений». – 2010. – №9. – С. 375 – 387.
2. Биргер И.А. Техническая диагностика: монография. – Москва: Машиностроение, 1978. – 240 с.
3. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики: Монография. – М: Изд-во иностранной литературы, 1963.
4. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений // Свод правил по проектированию и строительству. – Госстрой России. – ГУЛ ЦПП, 2003.

## АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF BUILDINGS

УДК 697 (075.8)

*Г.А. Павлова, А.Н. Павлова*

ООО «ВЕЛД». г. Магнитогорск, Россия.

*G.A. Pavlova, A.N. Pavlova*

WELD LLC. Magnitogorsk, Russia.

#### **Аннотация**

*В статье приведены данные по энергетической эффективности зданий согласно существующих в настоящее время нормативно-технических документов, а также сравнение уровней энергетической эффективности зданий в России и зарубежом.*

*В статье авторов освещены вопросы оценки энергоэффективности зданий различных сроков ввода в эксплуатацию города Магнитогорска, а также применения основных энергосберегающих мероприятий, позволяющих добиться достижения требуемого уровня теплозащиты и показателей европейского и отечественного стандартов.*

#### **Ключевые слова:**

*Энергосбережение, энергетическая эффективность, теплота, электроэнергия, энергетическое обследование, энер-гоаудит.*

#### **Summary**

*The article contains data related to energy efficiency of buildings according to the effective normative technical documents, and a comparison of energy efficiency of buildings in Russia and abroad.*

*In this article, the authors deal with the problem of evaluation of energy efficiency of buildings commissioned in Magnitogorsk in different periods, as well as the use of various energy saving technologies ensuring necessary level of thermal protection according to Russian and European standards.*

#### **Key words:**

*Energy saving, energy efficiency, heat energy, electric energy, energy inspection, energy audit.*

**В** настоящее время в условиях роста объёмов производства и развития научно-технического прогресса остро встаёт вопрос по обеспечению потребностей в энергоресурсах. Добыча первичных энергоносителей постоянно увеличивается, что приводит к быстрому истощению природных запасов, которые практически невозполнимы. Принимая неизбежность экономического роста, и, следовательно, неизбежность роста потребления энергоресурсов и увеличения производства энергии, можно выделить три направления, обеспечивающие стабильность в сфере энергетики:

- энергоэффективность;
- энергосбережение;
- экологическая безопасность.

Энергосбережение зданий и сооружений во всем мире относится к проблеме государственного масштаба. Решения по проведению энергосберегающей политики, принятые Госстроем России, послужили началом перехода отечественного строительного комплекса на энер-госберегающие технологии. В условиях дефицита и постоянного увеличения цен на

энергоносители задача повышения эффективности использования энергетических ресурсов приобретает приоритетное значение. Дешевизна и кажущаяся неисчерпаемость запасов новых энергоносителей обусловили расточительный характер их использования, который наиболее ярко проявился в строительной отрасли. Однако сейчас самым актуальным является вопрос, связанный именно с потреблением энергии жилыми и общественными зданиями. Расходы энергоресурсов на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений достигают 40–60% от общих энергозатрат. Результаты многочисленных исследований, посвященных изучению проблем энергосбережения, показывают, что наибольшее количество энергии тратится на отопление, горячее водоснабжение, покрытие потерь при транспортировке энергии, охлаждение воздуха в системах кондиционирования, искусственное освещение. Поэтому с момента выхода в свет серии нормативно-технических документов, в которых изложены основные теплотехнические требования, предъявляемые ко всем строящимся и реконструируемым объектам, усилия проектировщиков были направлены на поиск технических решений, обеспечивающих повышение уровня тепловой защиты зданий и сокращения расходов на их эксплуатацию. Основная задача сегодня — возведение новых утепленных построек, которые позволят экономить энергетические ресурсы, а также реконструкция старого жилищного фонда при помощи современных энергосберегающих материалов.

На сегодняшний день имеется не только достаточно проработанная нормативная база, направленная на усиление режима энергосбережения в строительстве, но и законодательная основа для реализации мер по достижению высокого уровня энергоэффективности объектов. В начале 90-х годов вышел в свет целый пакет директивных и нормативных документов, создавших основу для подготовки Федерального закона «Об энергосбережении» [1]. Принятие указанного выше Закона послужило «толчком» для разработки и реализации региональных и муниципальных программ энергосбережения, исполнение которых оперативно отслеживалось как со стороны государства, так и со стороны региональных органов власти. В последующие годы был принят ряд законодательно-правовых актов и директивных документов, направленных на решение задач рационального использования энергии, прежде всего [1– 4]. Необходимость решения поставленных программой задач обусловила разработку серии нормативно-технических документов, устанавливающих достаточно жесткие нормы и стандарты теплозащиты зданий. В настоящее время основные теплофизические требования, предъявляемые ко всем строящимся и реконструируемым объектам, изложены в СНиП 23-02-2003 и СП 23-101-2004. В СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [5] приведена классификация энергопотребляющих объектов в зависимости от степени отклонения расчетных или измеренных нормализованных значений удельных расходов тепловой энергии на отопление объекта от нормируемого значения. При этом для новых и реконструируемых зданий установлено 3 класса энергоэффективности: дома очень высокой («А»), высокой («В») и нормальной («С») энергоэффективности, а для эксплуатируемых зданий — два класса: дома низкой («D») и очень низкой («Е») энергоэффективности. Как видно из таблицы 3 СНиП 23-02-2003, показатель энергоэффективности зданий класса «А» более чем в два раза превышает нормативное значение. Европейский подход к оценке энергоэффективности зданий отличается от российского подхода. Например, в России малоэтажный жилой дом (площадью 140 м<sup>2</sup>) будет считаться энергоэффективным (нормальный класс энергоэффективности «С»), если на его отопление расходуется порядка 350 кВт·ч/м<sup>3</sup> в год. Но чтобы точно такой же дом считался энергоэффективным в Германии, он должен потреблять не более 90 кВт·ч/м<sup>3</sup> в год. В Европе принята следующая классификация энергоэффективных зданий: дома низкого энергопотребления (ДНЭ), дома ультранизкого энергопотребления (ДУЭ) и «пассивные» дома с ничтожно малым энергопотреблением. Технология «пассивного» дома предусматривает эффективную теплоизоляцию стен, пола, потолка, чердака, подвала, фундамента, а также применение энергоэффективных оконных систем. «Пассивные» дома потребляют не более 15 кВт·ч на 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади в год, что в 20 раз ниже, чем в обычных зданиях.

Во многих городах и регионах России начинают реализовываться программы энергосбережения. Город Магнитогорск Челябинской области не является исключением.

Магнитогорск с населением 410 тыс. человек расположен в зоне с умеренным, резко-континентальным климатом. Отопительный сезон в среднем продолжается с первого октября по пятое мая (7 месяцев). Расчетная температура по параметрам В составляет минус 34°C. Среднемесячные температуры воздуха в самый холодный период (декабрь-февраль) в последние три года составляют около минус 10°C с 3-,5- кратным понижением до минус 35°C в течение 5-7 дней.

В жилой застройке города преобладают здания постройки после 1950-х годов двадцатого века. Для оценки уровня энергетической эффективности зданий разных лет ввода в эксплуатацию был проведен анализ годового удельного потребления теплоты на отопление и горячее водоснабжение на 1 м<sup>2</sup> площади (q, кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год)). Количество потребляемой теплоты принималось по показаниям приборов учета и контроля, установленных на тепловых вводах в здания. Сравнение проводилось выборочно для отдельных зданий города по значениям, принятым европейскими стандартами потребления теплоты. Результаты анализа показаны на рисунке.

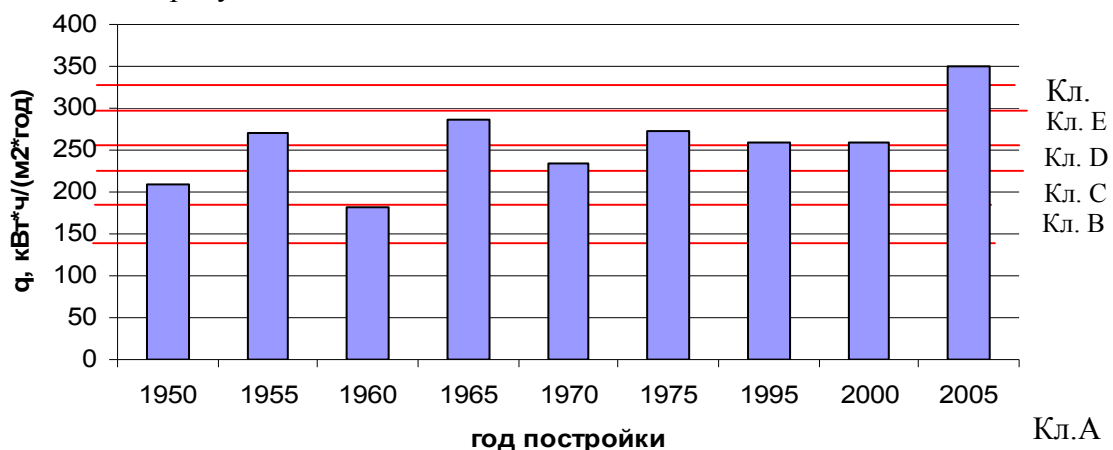


Рисунок. Уровень энергетической эффективности зданий жилой застройки г. Магнитогорска

Классы энергоэффективности приняты по европейскому стандарту и составляют: для класса А (отлично)  $q < 145$  кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год), класса В (очень хорошо)  $q = 145 \dots 177$  кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год), класса С (хорошо)  $q = 177 \dots 208$  кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год), класса D (посредственно)  $q = 208 \dots 240$  кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год), класса E (плохо)  $q = 240 \dots 272$  кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год), класса F (очень плохо)  $q = 272 \dots 303$  кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год).

Данные показывают, что здания по потреблению теплоты попадают в классы С, D, E и F, что говорит о необходимости проведения мероприятий по повышению уровня энергоэффективности. Несмотря на то, что требования к уровню теплозащиты зданий неоднократно повышались, величина удельного потребления теплоты претерпевает не столь значительные колебания. В течение рассматриваемого диапазона времени (пятьдесят пять лет) в зданиях жилой застройки не наблюдается строгой зависимости энергозатрат от нормируемых значений.

Для достижения требуемого уровня теплозащиты и достижения показателей европейского и отечественного стандартов в городе Магнитогорске и Челябинской области в целом действует программа энергосбережения, включающая в себя следующие основные направления:

- проведение энергетических обследований;
- составление энергетических паспортов вновь строящихся и реконструируемых зданий и сооружений;
- улучшение теплоизоляционных характеристик зданий при помощи качественных современных утеплителей;
- применение высокоэффективных инженерных систем с использованием возобновляемых источников (тепловых насосов, рекуператоров);

- активная работа по информированию как специалистов, так и простых граждан по широким аспектам экономии и рационального использования ТЭР;
- проведение обучающих семинаров;
- организация выставок энергосберегающего оборудования, приборов учета и САР расхода ТЭР;
- освоение выпуска энергоэффективного и энергосберегающего оборудования и приборов.

### Библиографический список

1. Федеральный закон №261 от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Указ Президента РФ № 889 2008.06.04. «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».
3. Распоряжение Правительства РФ от 1 декабря 2009 г. № 1830-р. План мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в РФ, направленных на реализацию Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ».
4. Правила определения перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности [утверждены Коллегией НП «Энергоэффективность» № 10 от 20 августа 2010 г.].
5. СНИП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
6. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.
7. Щелоков Я.М., Данилов Н.И. Энергетическое обследование: Справочное издание.- Екатеринбург; УрФУ, 2011. - 243 с.
8. Полонский В.М., Трутнева М.С. Энергосбережение: Учеб. пособие. - М.: Изд-во АСВ, 2005.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ

RESEARCH OF QUALITY OF CONSTRUCTION INFLUENCE ON SERVICEABILITY OF BUILDINGS

УДК 69.059

*А.Х. Байбурин*

*НИУ ГОУ ВПО «Южно-Уральский  
государственный университет», г. Челябинск, Россия.*

*A.Kh. Baiburin*

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russia*

## **Аннотация**

*Проведен анализ влияния качества строительства на эксплуатационную надежность крупнопанельных зданий. Исследованы повреждения зданий и доказана их взаимосвязь с уровнем бездефектности монтажных работ. Уточнена модель физического износа крупнопанельных зданий с учетом начальных дефектов и эксплуатационных повреждений.*

## **Ключевые слова**

*Строительство, качество, здание, эксплуатация, надежность.*

## **Summary**

*The influence of quality of construction on serviceability of large-panel buildings was analyzed. Damages of buildings were studied and their interconnection with level of quality of fitter's works was proved. The pattern of physical depreciation of large-panel buildings was specified taken into account defects and operational damages.*

## **Key words**

*Construction, quality, building, service, reliability.*

**П**ри эксплуатации крупнопанельных зданий часто наблюдаются протечки и промерзания стыков наружных стен. По данным [1] этот вид отказов составляет около трети всех эксплуатационных повреждений жилых зданий. Еще треть повреждений составляют трещины в швах, облицовочных слоях и ограждающих конструкциях. В целом около 70% обследованных крупнопанельных зданий имеют повреждения наружных стен. Протечки через стены происходят в 38% случаев отказов, связанных с увлажнением, в том числе 36% через вертикальные швы, 32% – горизонтальные швы, 25% – угловые соединения. Причем около 50% отказов стыков приходится на верхние этажи, что связано с повышенным давлением ветра.

Причины эксплуатационных отказов разнообразны: неудачные решения некоторых типов стыков, дефекты изготовления, транспортирования и монтажа панелей, нарушение технологии герметизации стыков, низкое качество устройства связей и замоноличивания стыков, различные эксплуатационные воздействия. Как показали исследования [1–3], основной причиной возникновения и раскрытия трещин в стыках крупнопанельных зданий является перераспределение нагрузок между стенами при развитии неодинаковых деформаций ползучести и усадки сопрягаемых стен и их стыковых соединений, а также температурно-влажностные воздействия.

Раскрытие стыков обуславливается высокой податливостью связей петлевого типа, соединяющих панели в горизонтальном направлении. Стена расчленяется на отдельные вертикальные элементы, число которых соответствует количеству вертикальных рядов панелей. Каждый вертикальный ряд панелей деформируется самостоятельно, а трещины в вертикальных швах компенсируют температурные деформации панелей. Причем ширина раскрытия стыка нижних этажей меньше, так как нагрузка и сила трения в горизонтальных швах выше и деформации меньше. Усадочные явления в панелях наружных стен, интенсивно протекающие в первые месяцы после их монтажа, также могут приводить к необратимому раскрытию вертикальных стыков.

Периодические температурные деформации стыков панелей на одну комнату могут достигать 1 мм, панелей на две комнаты – 2 мм. Причем частота появления деформаций 0,4–0,6

мм может составлять 200 раз в год, 0,8–1,0 мм – 10 раз в год, главным образом, в зимний период [3]. Таким образом, применяемые герметики должны эффективно работать в условиях изменения размеров стыка на 10–20%. Согласно Правилам и нормам технической эксплуатации жилищного фонда (2003 г.), регламентируемое раскрытие стыков от температурных деформаций принимается равным для горизонтальных стыков – 0,6–0,7 мм, вертикальных – 2–3 мм. При этом допустимая ширина раскрытия трещин ограничивается величиной: в стыках – до 1 мм, в панелях – до 0,3 мм.

Появление силовых трещин в элементах крупнопанельных зданий связано с действием сложных концентраций нагрузок, вызванных неточностями монтажа панелей, а также неравномерностью по толщине растворных швов. Для обследованных в г. Челябинске зданий серии 97 и 121 установлено, что типичные вертикальные трещины возникают в подоконном поясе панелей.

Ширина раскрытия трещин типа 1 и 2 достигает 1,5–2,0 мм. Указанные трещины могут возникать вследствие нагрева внутреннего слоя панелей от радиаторов. В двухмодульных панелях серии 121, установленных на две цокольные панели, часто возникают вертикальные трещины по середине панели. Они являются следствием растягивающих напряжений в средней части панели из-за температурных деформаций цокольных панелей. Подобные трещины были обнаружены и в крупнопанельных зданиях серии 1.464 [1].

Установлено, что в большинстве случаев трещине на внешнем слое панели соответствует трещина на внутреннем слое. При этом доказано существование значительных растягивающих напряжений в подоконном поясе панелей, превосходящих предельные значения при расчетных нагрузках.

В платформенных стыках при плохом качестве растворного шва часто появляются трещины в стеновой панели и концевой части плиты перекрытия. Совместная работа внутренних и наружных стен, препятствующая трещинообразованию, лучше всего обеспечивается при заведении плит перекрытий на наружные стены. При стыках других типов возможны значительные (до 2–3 мм) деформации сдвига в вертикальных стыках с раскрытием трещин до 1,5–2,0 мм [2].

Если взаимосвязь интенсивности отказов стыков и качества их герметизации несомненна и подтверждается опытом эксплуатации, то влияние качества строительно-монтажных работ в целом на повреждаемость крупнопанельных зданий не столь очевидно и нуждается в доказательствах. Логическое обоснование указанного влияния обусловлено следующими экспериментально-теоретическими положениями.

1. Работа здания и напряженно-деформированное состояние его несущих элементов зависит от жесткости конструктивной системы. Кроме характеристик сечений и материалов на жесткость оказывают влияние податливость соединений сборных элементов, швов, стыков и перемычек при растяжении, сжатии, сдвиге, повороте и перекосе.

2. Податливость связей зависит от их вида (петлевые, сварные), характеристик стали, уровня напряжений и качества замоноличивания стыка (ширины раскрытия трещин).

3. Податливость растворных швов при сжатии прямо пропорциональна толщине шва и обратно пропорциональна прочности раствора. При платформенном опирании коэффициент податливости стыка при сжатии определяется податливостью растворных швов, модулем упругости бетона опорной части плиты перекрытия и глубиной опирания плиты.

4. На податливость шпоночных стыков при сдвиге влияет их геометрия, модули упругости материала панели и бетона замоноличивания.

5. Податливость перемычек зависит от характеристик сечения, модуля упругости и модуля сдвига бетона, параметров армирования, а в фазе образования вертикальных трещин – дополнительно от их ширины раскрытия и количества.

Таким образом, наблюдаемые дефекты возведения крупнопанельных зданий [4], а именно: уширенные и неравномерные растворные швы, снижение прочности раствора и бетона в швах и стыках, нарушение геометрии стыков при неточностях монтажа, дефекты устройства связей сборных элементов – приводят к снижению приведенной изгибной жесткости в столбах стен, невыгодному перераспределению усилий, снижению общей жесткости, прочности и

устойчивости здания.

На основании изложенного, рассмотрим гипотезу о неблагоприятном влиянии дефектов СМР на интенсивность износа крупнопанельных зданий. Для проверки этой гипотезы были обследованы 30 зданий серий 97, 121 и 1.090, причем по девяти из них имелись точные данные о дефектности СМР. При обследовании фиксировались трещины вертикальных швов наружных стен и лестничной клетки, трещины в панелях наружных стен цокольного и 1-го этажей, а также доля выкрошенных и ремонтных швов (табл. 1).

Таблица 1

№ здания	Бездефектность $P$	Показатель качества $K_{СМР}$	Трещины в швах				Трещины в панелях		Доля выкрошенных швов, %	Доля ремонтных швов, %
			лестнич. клетки		наружных стен		кол-во	$a_{crc}$ , мм		
			%	$a_{crc}$ , мм	%	$a_{crc}$ , мм				
1	0,63	0,78	85	0,75	44	1,34	—	—	1,3	6,1
2	0,50	0,76	100	1,10	68	1,22	18	0,97	9,2	7,8
3	0,62	0,76	100	0,61	45	0,63	14	0,51	3,3	6,7
4	0,51	0,65	100	1,18	60	1,32	—	—	—	—
5	0,57	0,77	97	0,85	44	0,95	6	0,65	3,9	—
6	0,64	0,82	83	0,66	53	0,73	15	0,62	4,1	1,6
7	0,56	0,69	100	0,58	65	1,24	26	1,08	9,8	3,7
8	0,61	0,80	100	0,73	50	1,15	2	0,35	4,8	—
9	0,85	0,85	60	0,05	36	0,51	1	0,01	—	0,5



Рис. 1. Расположение трещин. Cracks location.

Как видим, средняя ширина раскрытия трещин  $a_{crc}$  в вертикальных швах составила 0,05–1,34 мм при максимальных значениях 1,5–2,0 мм, что согласуется с данными [1, 2]. Допустимое по нормам эксплуатации значение  $a_{crc}=1$  мм. Трещины в панелях наружных стен по характеру расположения, как правило, были типичными (рис. 1). Ширина их раскрытия в среднем составила 0,35–1,08 мм. Наибольшее количество значительных трещин (до 2,5–3,0 мм) наблюдалось для здания №7, грунтовое основание которого было, предположительно, проморожено. За исключением указанного здания выборка составляет относительно однородную совокупность объектов, продолжительность эксплуатации которых равна 6–7 годам.

Корреляционный анализ представленных в табл. 1 данных выявил наличие значимой на уровне 0,05 корреляции (рис. 2) между уровнем бездефектности СМР, количеством и шириной раскрытия трещин в вертикальных швах панелей наружных стен ( $r = 0,72...0,92$ ), долей выкрошенных и отремонтированных швов ( $r = 0,80$ ), а также между комплексным показателем качества  $K_{СМР}$  [4] и количеством и шириной раскрытия трещин в стеновых панелях ( $r = 0,80...0,82$ ).

Корреляционные взаимодействия исследованных параметров доказывают, что существует прямая связь между уровнем качества монтажа крупнопанельных зданий и степенью их поврежденности. Так как признаков деформаций оснований в выборке зданий обнаружено не было (кроме здания №7), выявленные повреждения связаны с дефектами силового сопротивления несущей системы зданий и внешними воздействиями. При достаточной однород-

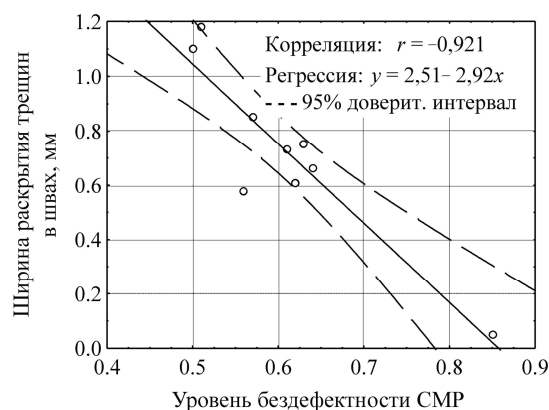


Рис. 2. Зависимость ширины трещин от качества работ. Quality dependence of cracks width

ности последних гипотезу о неблагоприятном влиянии дефектов СМР на интенсивность износа крупнопанельных зданий можно принять. Для описания износа используют экспоненциальную зависимость [1, 5] сохранности конструкции

$$v(t) = 1 - \xi(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (1)$$

где  $v$  – сохранность (величина, обратная износу  $\xi$ );  $\lambda$  – интенсивность износа.

Свойство сохранности соотносят с запасом несущей способности, вероятностью отказа, резервом по надежности и т.д. Если сохранность интерпретировать через потерю несущей способности  $R(t)/R_0$ , то при учете начальной дефектности, снижающей  $R_0$  и влияющей на интенсивность износа, модель (1) преобразуется к виду

$$R(t) = K_R R_0 e^{-a\lambda \cdot t} \quad (2)$$

где  $R(t)$ ,  $R_0$  – текущее и начальные значения несущей способности;  $K_R$  – показатель снижения несущей способности в результате допущенных дефектов;  $a$  – коэффициент увеличения интенсивности износа  $\lambda$  дефектных конструкций ( $a \geq 1$ ).

Интенсивность износа для различных инженерных сооружений и условий эксплуатации изменяется в довольно широких пределах. Например, в зависимости от степени агрессивности среды скорость коррозии бетона варьируется в пределах от 0,4 до 4–6 мм в год, арматуры – от 0,04 до 1,8 мм в год [5]. Кроме того, интенсивность износа изменяется и с течением времени: по данным [6] увеличивается в конце срока эксплуатации примерно в три раза, при этом  $\lambda$  возрастает с 0,003 до 0,01. Вместе с тем, в период нормальной эксплуатации можно принять приближенную модель (2) и постоянную величину  $\lambda$ . По оценкам [6, 7] для каменных зданий  $\lambda = 0,0037$ , по данным [7] постоянная износа для железобетонных конструкций  $\lambda \approx 0,003–0,005$ .

Оценив влияние начальных дефектов показателем  $K_R$  и принимая физический износ  $\xi$  в момент времени  $t$  равным  $100(1 - R_t/R_0)$ , можем найти коэффициент  $a$  из формулы (2). При этом износ определим по правилам ВСН 53–86(р) «Правила оценки физического износа жилых зданий» как среднюю величину износа наружных панелей  $\xi_n$  и их стыков  $\xi_{cm}$ . Износ стыков примем равным доле ремонтных швов. Несущая способность в момент времени  $t$  с учетом начальной дефектности выразится

$$R_{td} = K_R - \xi / 100 \quad (3)$$

Результаты вычислений по исходным данным обследования зданий сведены в табл. 2.

**Таблица 2**  
Результаты вычисления коэффициента  $a$

$t$ , лет	$\xi_{cm}$ , %	$\xi_n$ , %	$\xi$ , %	$R_t = 1 - \xi/100$	$R_{td}$	$K_R$	$\lambda = -\ln R_t/t$	$a\lambda = -\ln R_{td}/t$	$a$
4	5	6	5,5	0,945	0,905	0,96	0,0141	0,0250	1,77
5	6	8	7,0	0,930	0,870	0,94	0,0145	0,0279	1,92
6	9	10	9,5	0,905	0,835	0,93	0,0166	0,0301	1,81
7	12	12	12	0,880	0,790	0,91	0,0183	0,0337	1,84

Таким образом, для крупнопанельных зданий получено среднее значение коэффициента увеличения интенсивности износа с учетом начальных дефектов  $a = 1,84$ , и формула (2) приобретает вид:

$$R_t = K_R R_0 e^{-1,84\lambda \cdot t} \quad (4)$$

По выражению (4) можно найти срок эксплуатации дефектной конструкции до заданного технического состояния и проведения соответствующих восстановительных мероприятий. Например, при  $\lambda = 0,005$  и  $K_R = 0,95$  срок эксплуатации конструкции до проведения среднего ремонта, соответствующего потере несущей способности до  $R_t/R_0 = 0,85$ , будет равен 12 годам.

Для оценки снижения надежности используем выражение индекса надежности (характеристики безопасности):

$$\beta = \frac{\bar{k} - 1}{\sqrt{V_F^2 + \bar{k}^2 V_R^2}}, \quad (5)$$

где  $\bar{k}$  – коэффициент запаса по несущей способности;  $V_R, V_F$  – коэффициенты вариации сопротивления и нагрузки.

Снижение надежности дефектной конструкции в процессе эксплуатации можно оценить, если ввести в (5) показатель снижения несущей способности в результате дефектов  $K_R$  и деградационную функцию (4):

$$\beta = \frac{K_R \bar{k}_0 e^{-a\lambda t} - 1}{\sqrt{V_F^2 + (K_R \bar{k}_0 e^{-a\lambda t})^2 V_R^2}}. \quad (6)$$

Результаты сравнительных расчетов при  $\lambda=0,005$ ,  $V_F=0,07$  и  $V_R=0,135$  и характеристических значениях снижения несущей способности в результате дефектов представлены на рис. 3.

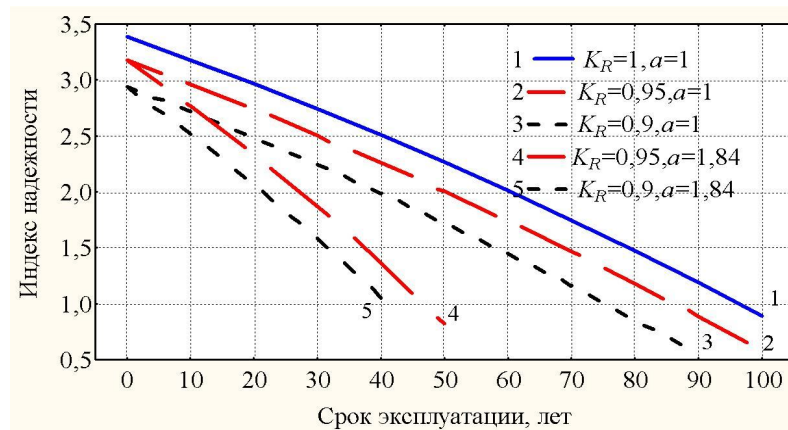


Рис. 3 Снижение надежности в процессе эксплуатации  
Reliability decreasing during exploitation

Таким образом, уже через 10–30 лет эксплуатации надежность дефектных конструкций может снизиться до критических значений, что потребует преждевременных затрат на их восстановление.

#### Библиографический список

1. Ройтман А.Г. Деформации и повреждения зданий. – М.: Стройиздат, 1987. – 160 с.
2. Шапиро Г.А., Сендеров Б.В., Фрайнт М.Я. Оценка качества изделий и монтажа крупнопанельных зданий по результатам прочностных натурных испытаний. – М.: Стройиздат, 1976. – 97 с.
3. Ройтман А.Г. Надежность конструкций эксплуатируемых зданий. – М.: Стройиздат, 1985. – 175 с.
4. Байбурин А.Х., Головнев С.Г. Качество и безопасность строительных технологий: Монография. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 453 с.
5. Пухонто Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен). – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 424 с.
6. Бойко М.Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий. – М.: Стройиздат, 1975. – 334 с.
7. Авиром Л.С. Надежность конструкций сборных зданий и сооружений. – М.: Стройиздат.

# НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

## SOME ASPECTS OF REMAINING LIFE EVALUATION OF BUILDING CONSTRUCTIONS

УДК 81.93.21

**А.Х. Байбурун, Д.А. Байбурун**

НИУ ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет». Челябинск, Россия.

**A.Kh. Baiburin, D.A. Baiburin**

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

### Аннотация

Дан анализ различных методик оценки остаточного ресурса конструкций зданий и сооружений. Указаны преимущества и недостатки, а также особенности применения методик оценки ресурса. При оценке остаточного ресурса конструкций предложено учитывать ответственность объектов.

### Ключевые слова

Здания, строительные конструкции, остаточный ресурс, оценка.

### Summary

The analysis of applied evaluation tactics for remaining life of building constructions and structures was given. Advantages and disadvantages as well as features of using methods of resource evaluation were pointed out. During remaining life evaluation of building constructions, the responsibility of objects was offered to take into account.

### Keywords

Buildings, constructions, remaining life, evaluation.

Одним из требований экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений является определение остаточного ресурса несущих строительных конструкций. Порядок продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений запрещает дальнейшую эксплуатацию при достижении срока эксплуатации, установленного в нормативно-технической документации. Если в документации срок эксплуатации не установлен, допускается использовать данные по аналогам или определять его по согласованной с Ростехнадзором методике с учетом результатов анализа документации, условий эксплуатации и технического диагностирования (экспертного обследования).

Анализ показывает, что в настоящее время экспертные организации применяют различные методики определения остаточного ресурса зданий, сооружений и оборудования:

- 1) экстраполяция максимальных текущих значений повреждений до предельно допустимой величины, в том числе с учетом доверительной вероятности (гамма-процентный ресурс) или коэффициентов запаса по ресурсу [1, 2];
- 2) различные модели изменения во времени нагруженности, сопротивления, деформаций, других параметров технического состояния, а также соответствующих коэффициентов запаса по различным видам предельных состояний [3–5];
- 3) по изменению вероятности отказа объекта, уровня промышленного риска или риска аварии [6, 7];
- 4) по степени физического износа, выраженного в процентах [6, 8];
- 5) по нормативам сроков эксплуатации до капитального ремонта [9–13];
- 6) по срокам эксплуатации объектов–аналогов;
- 7) по нормам амортизационных отчислений на восстановление основных фондов.

Последние из указанных методов весьма условны и не учитывают особенности работы и условия эксплуатации конкретных конструкций.

Многие методические документы, указанные в списке использованных источников, либо отменены, либо носят рекомендательный характер. Вместе с тем, в некоторых документах, например, РД 09-102-95 [1], отмененном приказом Ростехнадзора от 10.08.06 №760 и замененным Порядком продления срока безопасной эксплуатации [14], приведены подробные

методические указания по этапам определения ресурса, требования к содержанию соответствующих методик. Большинство принятых норм относятся к анализу ресурса устройств и оборудования и лишь небольшая часть – к зданиям и сооружениям [1, 5, 6, 17, 19 и др.]

Для некоторых видов оборудования, конструкций и сооружений методики определения остаточного ресурса имеют достаточное научное обоснование и долговременную производственную апробацию [2–4], но для строительных конструкций производственных зданий общепризнанной методики не существует. В этой связи целесообразно рассмотреть основные аспекты создания такой методики.

Наиболее простым, но в то же время приближенным методом определения остаточного ресурса является установление нормативных сроков эксплуатации конструкций, а также сроков обследования и ремонтов. Указанные сроки приведены в ОРД по технической эксплуатации железобетонных и стальных конструкций производственных зданий, РД 11-126-96 [11], МДС 13-14.2000 [10], стандарте организации СА-03-006-06 [13] и других документах. При этом используются два подхода: сроки назначаются в зависимости от условий эксплуатации для зданий и сооружений различных конструктивных систем и этажности и по отдельным видам конструкций. Очевидные недостатки этих подходов могут быть компенсированы в случае их совместного использования.

Применение методики оценки ресурса, основанной на определении степени износа в процентном отношении, имеет право на существование при достаточном обосновании [6] или для целей, напрямую несвязанных с безопасностью [8].

Метод экстраполяции текущих значений повреждений до предельно допустимой величины позволяет прогнозировать ресурс при одновременном выполнении следующих условий:

- известны параметры, определяющие техническое состояние;
- определены критерии предельных состояний;
- ведется непрерывный или периодический контроль параметров технического состояния;
- отсутствует опасность внезапных отказов.

При экстраполяции возможно применение различных зависимостей между величиной повреждения (износа, коррозии, деформации)  $h$  и продолжительностью эксплуатации  $t$ : линейной; степенной; логарифмической; экспоненциальной и др. (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Вид зависимости	Математическое выражение	Область применения
Линейная	$h(t) = h_0 + Ct$	Общая коррозия, механический износ
Степенная	$h(t) = Ct^m$	Коррозия под напряжением и при износе
Логарифмическая	$h(t) = A \ln(t + C)$	Газовая и локальная коррозия
Экспоненциальная	$h(t) = Ce^{T(t)}$	Коррозия под напряжением

При выборе формы кривой и математической зависимости следует учитывать: физические закономерности накопления повреждений; критерии наилучшего описания параметрических точек  $h(t_1)$ ,  $h(t_2)$ , ...; точность их определения; стабильность условий эксплуатации; необходимость запаса по остаточному ресурсу; эффективность системы эксплуатационного контроля, технического обслуживания и ремонта.

При оценке ресурса оборудования чаще всего используют линейную модель, которая по сравнению с выпуклыми кривыми обеспечивает некоторый запас по ресурсу. Для строительных конструкций вид зависимости может определяться законом деградации, прочностными и геометрическими параметрами предельных состояний. Например, при сплошной коррозии или газообразивной эрозии применяется линейная модель, в случае критерия сопротивления растяжению – степенная модель с показателем  $m=2$ , сопротивления изгибу – степенная модель с показателем  $m=3-4$ . При достаточном количестве параметрических точек  $h(t_1)$ ,  $h(t_2)$ , ... предельный срок эксплуатации и остаточный ресурс рекомендуется определять

с доверительной вероятностью (гамма-процентный ресурс  $t_\gamma$ ,  $\gamma=0,9-0,95$ ). При этом среднее значение остаточного ресурса  $T_u$  следует применять для сооружений пониженного уровня ответственности, а гарантированное значение  $T_\gamma$  – для ответственных конструкций и сооружений (рис. 2).

При получении нескольких значений  $h(t_i)$  в момент эксплуатации  $t_i$  статистику можно не исследовать, так как ресурс определяется максимальным повреждением или слабейшим элементом конструкции (что, строго говоря, верно только для статически определимых конструкций). Однако если параметр технического состояния определяется выборочным методом контроля, то могут быть получены статистики в виде средних значений, отклонений и доверительных интервалов или по закону экстремальных значений. В последнем случае определяют максимальный вероятный размер дефекта или вероятность наличия максимального дефекта в генеральной совокупности (на всей поверхности, для всех конструкций).

Остаточный ресурс здания или сооружения на опасном производственном объекте устанавливается по наименьшей величине остаточного ресурса несущих конструкций и их элементов, так как авария объекта происходит, как правило, по принципу «слабого звена». Ресурс строительных конструкций обычно оценивают по результатам определения коэффициентов запаса по различным видам предельных состояний [3, 4]. Основные положения методики оценки остаточного ресурса приведены ниже. Методика основана на постепенном сужении области поиска слабого звена или потенциально опасных зон разрушения.

Остаточный ресурс здания или сооружения

$$t_r = \min\{t_{rc,i}\}, \quad (1)$$

где  $t_{rc,i}$  – остаточный ресурс  $i$ -ой конструкции в группе однотипных конструкций (колонн, стен, ферм, подкрановых балок, плит перекрытий и т.д.).

Остаточный ресурс конструкции

$$t_{rc} = \min\{t_{rc1}; t_{rc2}; t_{rc3}\}, \quad (2)$$

где  $t_{rc1}; t_{rc2}; t_{rc3}$  – остаточные ресурсы конструкции соответственно по первому, второму предельным состояниям и по конструктивным требованиям.

Остаточный ресурс конструкции по  $j$ -му виду предельного состояния

$$t_{rc,j} = \min\{t_{rc,j,k}\}, \quad (3)$$

где  $t_{rc,j,k}$  – остаточный ресурс конструкции по  $j$ -му виду предельного состояния и  $k$ -му виду расчета. Виды расчетов по предельным состояниям определяются соответствующими нормативными документами. Например, для первого предельного состояния – расчеты на прочность, устойчивость, усталостное либо хрупкое разрушение, для второго предельного состояния – расчеты на прогиб, перемещение, раскрытие трещин и т.п.

Остаточный ресурс конструкции по  $j$ -му виду предельного состояния и  $k$ -му виду расчета

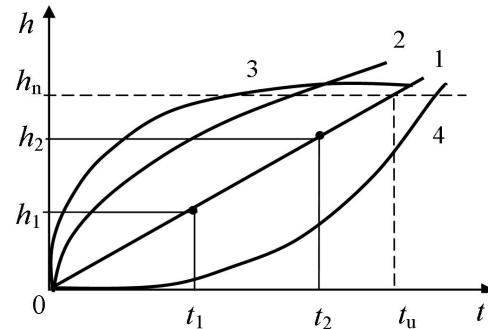


Рис. 1. Зависимости износа:  
1 – линейная; 2 – степенная; 3 – логарифмическая; 4 – экспоненциальная  
Dependence of depreciation:  
1 – linear, 2 - power; 3 - logarithmic, 4 — exponential.

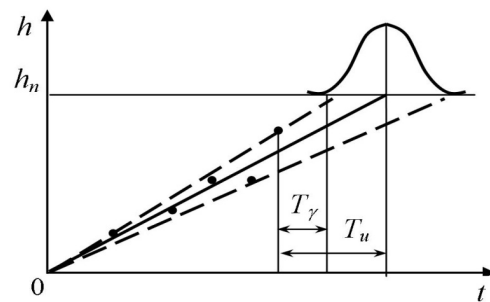


Рис. 2. Определение  $\gamma$ -процентного остаточного ресурса  
 $\gamma$ -percentage residual life determination.

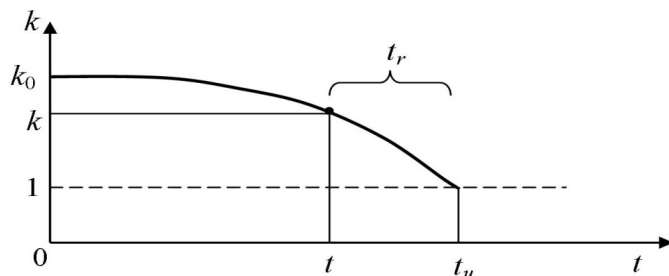


Рис. 3. Определение остаточного ресурса по изменению коэффициента запаса  
Residual life determining through a changing safety factor.

$$t_{rc,j,k} = \min \{ t_{rc,j,k,n} \}, \quad (4)$$

где  $t_{rc,j,k,n}$  – остаточный ресурс конструкции по  $j$ -му виду предельного состояния и по  $n$ -му номеру расчетного участка (сечения).

Зависимость изменения коэффициента запаса от времени может быть описана квадратичной функцией (рис. 3)

$$t_u = t \sqrt{(k_0 - 1) / (k_0 - k)}, \quad (5)$$

где  $k_0; k$  – соответственно проектный

запас и запас в момент времени  $t$ ;  $t_u$  – время эксплуатации, при котором нарушается условие предельного состояния и  $k = 1$ .

Остаточный ресурс определяется выражением

$$t_r = t_u - t = t \left( \sqrt{(k_0 - 1) / (k_0 - k)} - 1 \right). \quad (6)$$

Зависимости (5) и (6) следует применять в случаях, когда определены значения проектного запаса  $k_0$  и запаса в момент времени  $t$ , условия эксплуатации стабильны, отсутствуют скачкообразные изменения интенсивности износа конструкций, среда эксплуатации неагрессивная или слабоагрессивная.

В случаях, если среда эксплуатации средне- или сильноагрессивная, условия эксплуатации нестабильны и возможны скачкообразные изменения интенсивности износа конструкций, рекомендуется применять аппроксимирующие функции снижения запаса с использованием трех и более точек  $k(t)$ .

При недостатке данных и нестабильных условиях эксплуатации, когда возможно непрогнозируемое изменение скорости износа, или больших рисках остаточный ресурс следует устанавливать с учетом коэффициента надежности по ресурсу

$$t_{rn} = t_r / \gamma_t, \quad (7)$$

где  $t_r$  – остаточный ресурс, определенный по формуле (6);  $\gamma_t$  – коэффициент надежности по ресурсу.

Коэффициент  $\gamma_t$  может назначаться с учетом:

- уровня ответственности здания или сооружения;
- вида конструкции;
- изученности механизмов достижения конструкцией предельного состояния;
- изученности влияния эксплуатационных факторов на механические свойства материалов и геометрические параметры конструкций;
- точности прогнозирования развития выявленных дефектов и повреждений в последующий период эксплуатации;
- статистики причин отказов и аварий;
- принятой степени приемлемого риска аварии;
- нормативного срока эксплуатации конструкций или проектного срока службы здания;
- эффективности организации эксплуатационного контроля, технического обслуживания и ремонта.

Например, если предельный срок эксплуатации  $t_u$ , определенный по зависимости (5) или другим способом, превышает нормативный срок эксплуатации конструкции или проектный срок службы объекта, остаточный ресурс может быть назначен с учетом коэффициента надежности по ресурсу равным двум или более.

Подобный подход используется в рекомендациях RILEM [15], в которых модель деградации несущей способности и надежности представлена степенной функцией

$$\theta(t) = \theta_0 (1 - kt^n), \quad (8)$$

где  $\theta(t), \theta_0$  – текущее в момент времени  $t$  и начальное значения запаса безопасности (разности прочности и нагрузки);  $k$  – постоянный коэффициент;  $n$  – характеристика моды деградационного процесса (при линейной моде деградации  $n=1$ ).

Предложенная модель связывает безопасность по долговечности с механической безопасностью при условии, что снижение уровня последней будет находиться в конце срока службы в границах допустимых значений. Для этого в проектирование вводится коэффициент безопасности по сроку службы  $\gamma_t$ .

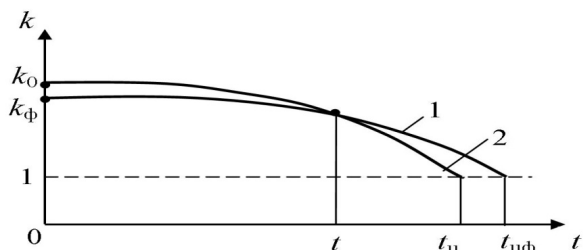


Рис. 4. Оценка ресурса без учета (1) и с учетом (2) допущенных при строительстве дефектов  
Resource evaluation without (1) and with (2) on-site construction defects.

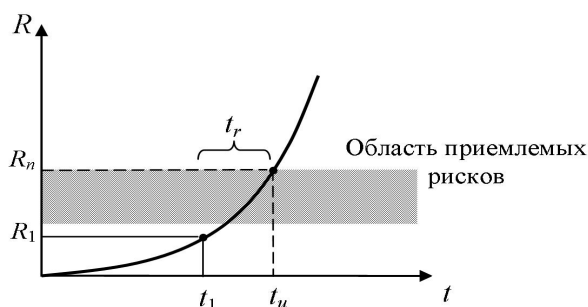


Рис. 5. Оценка остаточного ресурса по риску аварии  
Residual life assessment with the risk of accidents.

Методика определения указанного коэффициента основана на задании такого начального уровня безопасности по нагрузке  $\theta_0$ , при котором расчетная долговечность  $t_d$  обеспечивалась бы с определенным коэффициентом запаса  $\gamma_t$ .

Очевидно, что назначение коэффициента запаса по ресурсу всегда субъективно, так как коэффициенты запаса – есть плата за незнание объективных законов и отличие моделей от реальности. Непрерывный мониторинг параметров технического состояния оснований, конструкций и окружающей среды, применение точных методов прогнозирования позволяют не вводить в модель «коэффициенты незнания».

При наличии исполнительной документации, содержащей необходимые сведения для определения фактических коэффициентов запаса с учетом допущенных при строительстве дефектов и отклонений, остаточный ресурс следует определять, используя не проектные, а

фактические значения коэффициентов запаса (рис. 4). При этом снижение  $k_0$  может достигать 20–30% [16].

Остаточный ресурс ответственных объектов должен устанавливаться с учетом приемлемого риска – риска, уровень которого допустим и обоснован, исходя из экономических и социальных соображений с учетом значимости объекта. В случае, когда ущерб не зависит от вида отказавшей конструкции, возможна оценка ресурса по функции изменения вероятности отказа (аварии) во времени. Причем риск аварии может интерпретироваться как отношение (рис. 5).

Причем риск аварии может интерпретироваться как отношение [7]

$$R = \frac{P_f}{P_t} = \frac{P_t + \Delta P}{P_t}, \quad (9)$$

где  $P_f, P_t$  – значение фактического и теоретического рисков аварии;  $\Delta P$  – дополнительный риск, привнесенный ошибками проектирования, строительства и эксплуатации.

В методике прогнозирования срока службы пролетных строений железобетонных мостов [6] применен подход к определению ресурса через надежность (безотказность).

В качестве нормативного значения надежности принята вероятность безотказной работы 0,9986, которая сохраняется в течение некоторого срока приработки объекта  $t_0$  (рис. 6). Затем начинается снижение надежности в результате износа. Значению безотказности  $P=0,9$  соответствует продолжительность работоспособного состояния объекта, а значению  $P=0,5$  – предельный срок службы  $t_u$ .

Представляется перспективным использование теории нечетких множеств (возможнос-

тей) для снижения трудоемкости определения вероятности отказа конструкций.

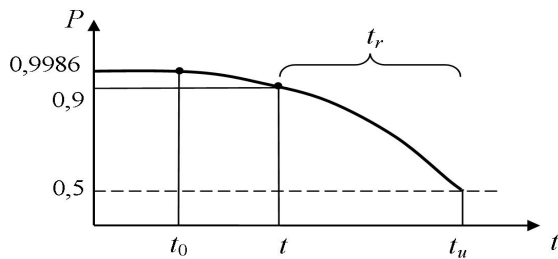


Рис. 6. Определение остаточного ресурса по изменению вероятности безотказной работы  
Residual life determining through the probability of failure-free operation changing.

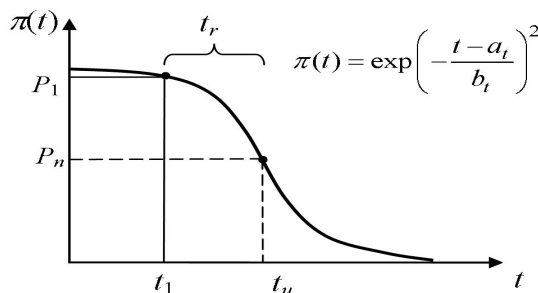


Рис. 7. Определение остаточного ресурса по функции распределения возможностей  
Residual life determining through the distribution of opportunities function.

При этом надежность может быть рассмотрена как функция распределения возможностей  $\pi(t)$  [18], а вероятность – как возможность. Остаточный ресурс определяется по функции распределения возможностей с учетом интервальных и предельного значений надежности конструкций (рис. 7).

При оценке остаточного ресурса по вероятности отказа или уровню риска основная проблема заключается в установлении соответствующего предельного значения, определяющего предельный срок эксплуатации объекта. Известные подходы к установлению таких значений основаны на экономических нормах надежности и анализе рисков, обобщении опыта проектирования и эксплуатации объектов, анализе нормативных запасов, различных расчетных методах [7, 16]. Риск ниже фонового уровня для РФ  $5 \cdot 10^{-6}$  рекомендуется считать приемлемым, а свыше  $5 \cdot 10^{-5}$  – недопустимым [17].

В заключении отметим, что создаваемые методики оценки остаточного ресурса конструкций зданий и сооружений, целесообразно классифицировать по уровню ответственности объектов. Для объектов повышенного уровня ответственности следует применять методики, основанные на оценке риска или вероятности аварии, для остальных объектов – на определении различных параметров технического состояния, а также соответствующих коэффициентов запаса по видам предельных состояний. При этом нормативные сроки эксплуатации конструкций могут быть использованы лишь в качестве дополнительной информации.

### Библиографический список

1. РД 09-102-95. Методические указания по определению остаточного ресурса потенциально опасных объектов, поднадзорных Госгортехнадзору России (отменен).
2. РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов.
3. Шматков С.Б. Определение остаточного ресурса промышленных дымовых труб// Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. трудов. – М.: МДП, 2008. – С. 44–51.
4. Сушев С.П., Самолинов Н.А., Адаменко И.А. Остаточный ресурс конструкций (сооружений) и возможные методы его оценки// Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. трудов. Вып. 8. – М.: МДП, 2009. – С. 320–327.
5. СТО 22-02-02. Руководство по обследованию и определению остаточного ресурса несущих стальных конструкций покрытий зданий, выполненных из кипящих сталей.
6. Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов. – М.: Росавтодор, 2002. – 146 с.
7. Мельчаков А.П., Чебоксаров Д.В. Прогноз, оценка и регулирование риска аварии зданий и сооружений. Теория, методология и инженерные приложения. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. – 111 с.
8. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий.
9. ВСН 58-88(р) Положение об организации и проведению реконструкции, ремонта и

- технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения.
10. МДС 13-14.2000 Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений.
  11. РД 11-126-96 Методические рекомендации по организации и осуществлению контроля за обеспечением безопасной эксплуатации зданий и сооружений на подконтрольных металлургических и коксохимических производствах.
  12. Ханухов Х.М. Нормативное обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений и мониторинг их технического состояния// Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. трудов. Вып. 8. – М.: МДП, 2009. – С. 146–165.
  13. СА-03-006-06 Методические указания по проведению технического обслуживания, ремонта, обследования, анализа промышленной безопасности производственных зданий и сооружений предприятий, эксплуатирующих взрывопожароопасные и химически опасные объекты. – М., 2008. – 236 с.
  14. Порядок продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений (приказ №195 Минприроды РФ от 30.06.09).
  15. Durability desing of concrete structures. Report of RILEM Technical Committee 130-csl. Edited by A. Sarja and E. Vesicary. E&SPON, 165pp.
  16. Байбурин А.Х., Головнев С.Г. Качество и безопасность строительных технологий: Монография.– Челябинск, Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 453 с.
  17. ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
  18. Кузьминов А.Л., Уткин В.С., Кожевников А.В., Канев Н.Г. Методика расчета остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъемных кранов на основе теории возможностей// Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. трудов. – М.: МДП, 2008. – С. 225–231.
  19. ГОСТ Р 53006-2008 Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования.



# МЕТОД ВИБРАЦИОННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЛУЧАЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

## METHOD FOR DIAGNOSIS OF VIBRATION STRUCTURAL AND SUBGRADE SPECIAL FACILITIES UNDER THE INFLUENCE OF RANDOM DYNAMIC LOADS

УДК 624.01.004.58

*Исхаков Ш.Ш.,  
Васкевич В.М.,  
Ковалев Ф.Е.,  
Сергеев Д.В.*

*Федеральное государственное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»  
Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Санкт-Петербург.*

*Iskhakov Sh.Sh.,  
Vaskevich V.M.,  
Kovalev F.E.,  
Sergeyev D.V.*

*Federal state of military educational institutions of higher vocational education "Military Space Academy named A.F. Mozhaiskogo " Russian Defense Ministry*

### **Аннотация**

*На основе многолетнего опыта применения систем мониторинга на специальных сооружениях излагается метод вибрационного диагностирования состояния грунтовых оснований и несущих конструкций при воздействии случайных динамических нагрузок по критериям трансформации резонансных пиков в секторах вибрационных сигналов.*

### **Ключевые слова**

*Мониторинг, техническое диагностирование, здания, сооружения, несущие конструкции, строительные конструкции, динамические нагрузки, вибрации.*

### **Summary**

*Based on years of experience in the application of monitoring systems on specific structures present a method of diagnosing the state of vibratory soil bases and support structures when exposed to random dynamic loads on the criteria of transformation of the resonance peaks in vibration signals.*

### **Key words**

*Monitoring, technical diagnostics, buildings, structural engineering, building structures, dynamic loads, vibration*

**Г**ОСТ Р 22.1.12-2005 и ГОСТ Р 53778-2010 регламентируют применение стационарных автоматизированных систем мониторинга (СМ) для наиболее ответственных промышленно-опасных и уникальных (с пребыванием большого числа людей) зданий и сооружений [1, 2].

Применительно к объектам космического-го назначения аналоги подобных СМ в виде систем испытания и долговременного контроля (ИДК) используются, начиная с конца 60-х годов прошлого века. В общем случае системы ИДК создаются в составе геодезического (ГК), тензометрического (ТК) и вибрационного (ВК) контроля на специальных сооружениях (СС) наземных космических комплексов (рис. 1).

Спецификой указанных СС является то, что на ряду со значительными статическими нагрузками они испытывают динамическое воздействие от случайного поля пульсаций давления реактивной газовой струи (рис. 2). Поэтому особое внимание в академии уделяется диагностированию состояния несущих элементов СС (грунтового основания и строительных конструкций) при воздействии указанных динамических нагрузок [3 – 7].



Рис. 1. Система ИДК на СС

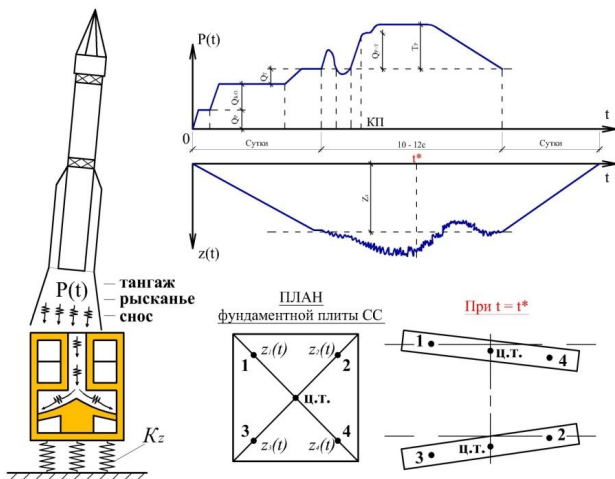


Рис. 2. Динамическое воздействие на СС

строительной системы, а именно: происходит снижение собственной, резонансной частоты колебаний  $\lambda_i$ ,  $j$  этих систем на некоторую величину  $\Delta\lambda$  и увеличение резонансного пика передаточной функции  $\eta(\omega)$  в какое-то  $\nu$  раз (рис. 5) (где  $i$  – номер формы колебаний  $j$ -й диагностируемой системы). Поскольку жёсткость строительных систем  $C$  является физическим показателем их **несущей способности**, то идентификация снижения жёсткости строительных систем на некоторую величину  $\Delta C$  по параметрам  $\Delta\lambda$  и  $\nu$ , фиксируемым в энергетических спектрах выходных сигналов вибрационных перемещений  $GV(\omega)$  и ускорений  $GV(\omega)$ , позволяет судить о снижении **несущей способности** как грунтовых оснований, так и несущих конструкций (см. рис. 5).

Применительно к грунтовым основаниям жёсткость  $C$  следует интерпретировать как коэффициенты жёсткости  $K_z, K_x, K_\phi$ , принятые в теории расчёта фундаментов под машины с динамическими нагрузками [8, 9] (см. рис. 2, 5). В общем случае, как известно, жёсткость  $C$  (несущая способность  $R$ ) грунтов зависит от большого числа физико-механических характеристик (ФМХ), основными из которых являются модуль упругости  $E$ , угол внутреннего трения  $\phi$ , коэффициент сцепления  $c$ :

$$C, R = f(E, \phi, c) \quad (1)$$

Поэтому сложность идентификации изменения (снижения) несущей способности  $R$  грунтовых оснований заключается в том, что способами современных неразрушающих методов контроля (НМК) не удаётся определить ФМХ грунтов, указанные в правой части (1), и их приходится определять лишь лабораторными методами по образцам грунта при инженерно-геологических изысканиях.

Ещё сложнее оказываются зависимости жёсткости  $C$  для несущих ЖБК (рис. 5, п. 2), поскольку приходится учитывать модули упругости  $E$  и моменты инерции интересующих нас сечений  $I$  как для бетона, так и для арматуры:

При этом приходится учитывать целый ряд факторов, не позволяющих напрямую использовать вибрационные методы диагностирования по традиционной модели «чёрного ящика» (рис. 3). Основным из этих факторов является то, что измерить результирующие входные нагрузки от случайного поля пульсаций давления как от реактивных газовых струй, так и от ветровых и сейсмических нагрузок, никогда не удаётся (рис. 4). В лучшем случае можно измерить пульсационные нагрузки лишь в отдельных точках поля, но их энергетический спектр, к сожалению, физически не сопряжён с колебаниями всего сооружения в целом и вибрациями несущих конструкций (рис. 4). В этой связи в академии разработан [3] нетрадиционный метод вибрационного диагностирования, основанный на выявлении информативных диагностических признаков состояния грунтовых оснований и несущих конструкций, содержащихся в передаточной функции сооружения  $\eta(\omega)$ , только по спектрам выходных сигналов вибрационных перемещений  $GV(\omega)$  и ускорений  $GV(\omega)$  (см. рис. 3). При этом в исследованиях академии на базе многолетних натуральных данных доказано [4 – 7], что такими информативными диагностическими признаками являются два параметра передаточной функции  $\eta(\omega)$ , которые изменяются при изменении (снижении) жёсткости  $C$  любой  $j$ -й

$$C=f(Eб, Iб, Eа, Iб). \quad (2)$$

В том случае, когда в обследуемых ЖБК уже имеются трещинообразования бетона, то установление непосредственно какими-либо современными аппаратными средствами влияния ФМХ ЖБК, указанных в правой части (2), на жёсткость С как для грунтовых оснований (1), так и для несущих строительных конструкций (ЖБК, стальных и т.п.) (2), является комплексным показателем снижения несущей способности, идентифицируемого по снижению жёсткости С на некоторую величину ΔС по диагностическим признакам Δλ и ν, выявляемым в передаточных функциях η(ω) (рис. 5, п.п. 1.1) по анализу энергетических спектров вибрационных перемещений и ускорений:

$$\Delta C=f\Delta\lambda, \nu; \quad (3)$$

$$\Delta\lambda=0;\nu=1,\Rightarrow \{\text{состояние несущих элементов стабильно}\}; \quad (4)$$

$$\Delta\lambda>0;\nu>1,\Rightarrow \{\text{жёсткость несущая способность элементов снижается}\} \quad (5)$$

При этом основным диагностическим признаком в (3) – (5) является смещение резонансного пика Δλ, а второй признак ν является вспомогательным (см. рис. 5, п.п. 1.1), поскольку случай (5) может иметь место не только при снижении жёсткости С, но и при увеличении энергии внешней нагрузки, которую в общем случае (см. рис. 3) при функциональной диагностике мы не знаем.

Из этого следует, что при вибрационной диагностике судить о снижении несущей способности (жёсткости) грунтовых оснований и строительных конструкций только по факту увеличения амплитуд их колебаний (динамических деформаций) физически неправомерно. Необходимо знание главного параметра Δλ в (3) – (5), который и является основным информативным диагностическим признаком снижения жёсткости (несущей способности) диагностируемых элементов [3]. Вместе с тем анализ в каждом k-м цикле испытаний (измерений) всех возможных комбинаций значений параметров Δλ и ν в (4), (5) позволяет установить сопровождается ли снижение жёсткости ΔС (3) (при ν>1) увеличением энергии нагрузки, или (что ещё опаснее) параметр ΔС (3) проявляется без увеличения энергии динамических нагрузок (ν=1) в последующих k-х (k>1) циклах испытаний. При этом следует иметь в виду, что только по одному (первому, k=1) циклу испытаний судить об изменении жёсткости ΔС (3) несущих элементов невозможно: результаты первого цикла испытаний с установленными параметрами передаточных функций η(ω) в энергетических спектрах вибрационных перемещений и ускорений в виде резонансных частот колебаний λ и максимума передаточной функции ηmax(λ) (рис. 5, п.п. 1.1) являются «эталонными» [4 – 7], по отношению к которым в последующих циклах испытаний (при k>1) выявляются диагностические признаки Δλ и ν для оценивания состояния диагностируемых элементов по критериям (3) – (5). Из этого также следует, что при тестовой вибрационной диагностике (например, нанесением удара по конструкциям) по одному циклу испытаний (k=1) невозможно судить о

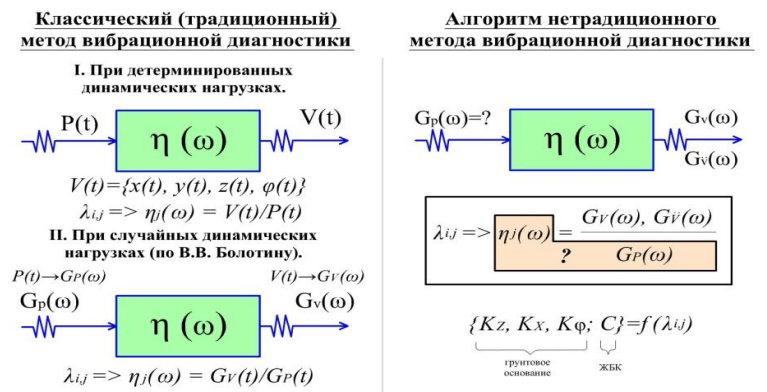


Рис. 3. Методы вибрационного диагностирования

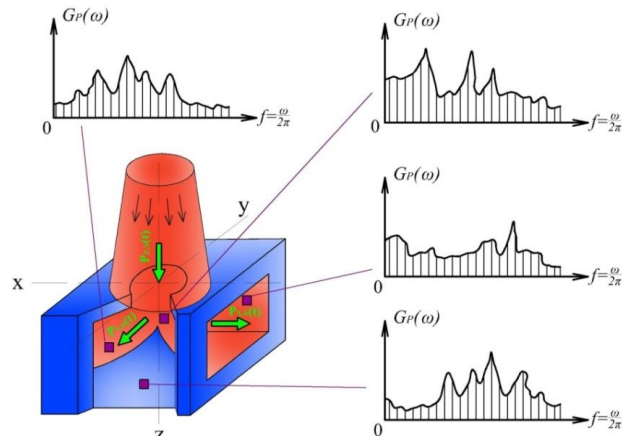


Рис. 4. Основной фактор, указывающий на невозможность использования традиционного метода вибрационного диагностирования (см. рис. 3)

состоянии несущих элементов зданий и сооружений; всегда необходимы повторные циклы испытаний ( $k > 1$ ) с какой-то периодичностью во времени, чтобы сравнивать результаты повторных циклов испытаний с результатами первого ( $k=1$ ) «эталонного» испытания. Попытки же пользоваться только одним (первым,  $k=1$ ) циклом испытаний путём сравнения факти-

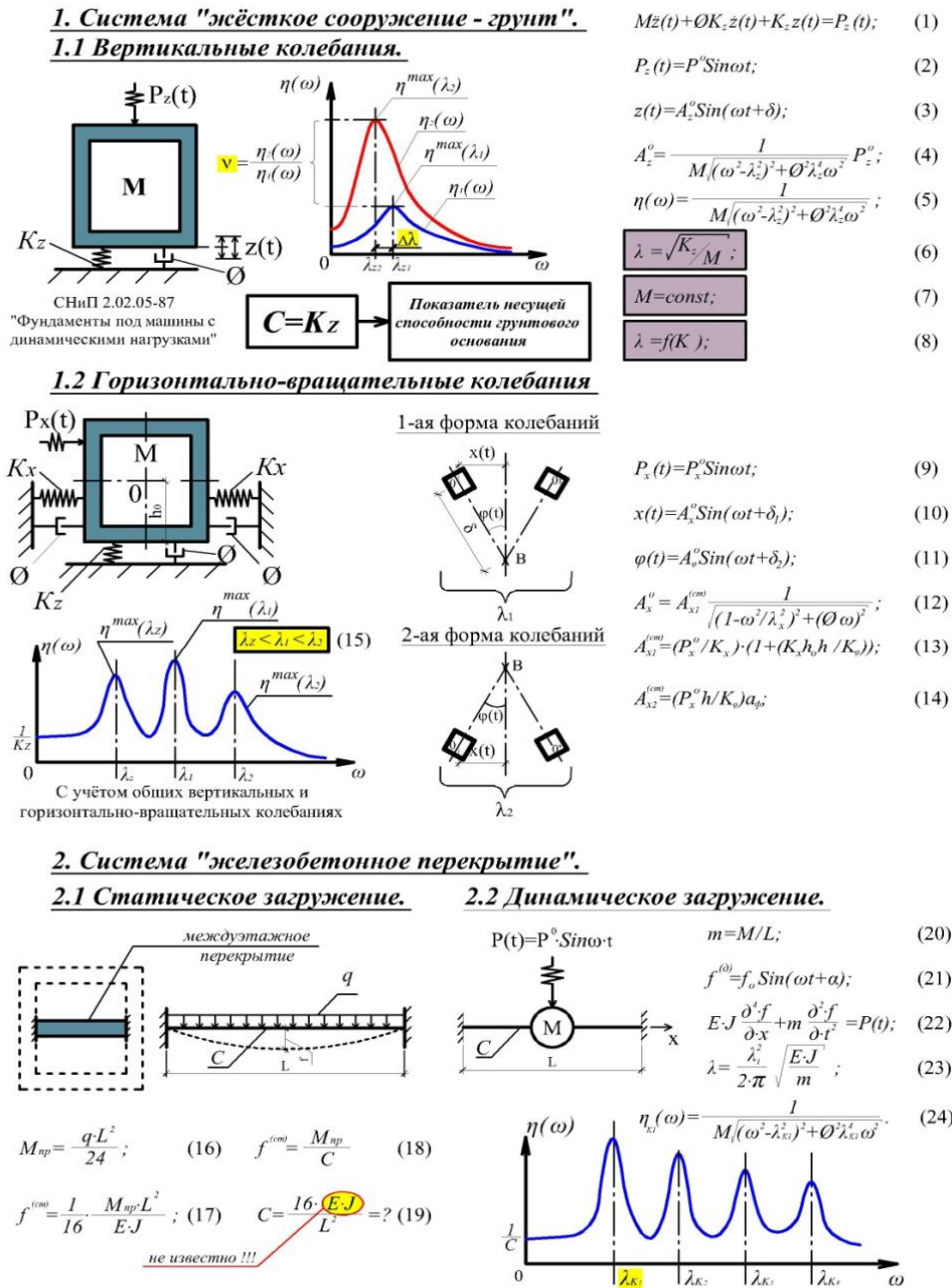


Рис. 5. Теоретическая идентификация условно дискретных  $j$ -х динамических систем, входящих в состав сооружения.

ческой резонансной частоты  $\lambda_{\phi}$  с расчётной  $\lambda_p$  (полученной теоретическим путём) для определения параметра  $\Delta\lambda$  как разности между  $\lambda_{\phi}$  и  $\lambda_p$ , физически неправомерны, поскольку расчётные значения  $\lambda_p$  заведомо далеки от реальных резонансных частот колебаний как всего сооружения в целом на грунтовом основании (по модели «жесткое сооружение – грунт», рис. 5, п. 1), так и несущих конструкций (рис. 5, п. 2) в силу нашего незнания ФМХ, входящих в правые части (1) и (2). Поэтому методы вибрационной диагностики (как тестовые, так и функциональные), использующие критерий

$$\Delta\lambda = \lambda_p - \lambda_{\phi}, \quad (6)$$

обладают заведомо совершенно неоднозначной (не поддающейся оценке) достоверностью [6]

Применительно же к критериям (3) – (5) в работах сотрудников ВКА имени А.Ф. Мо-

жайского исследована чувствительность, т.е. разрешающая способность рассматриваемого метода вибрационного диагностирования путём проведения целого ряда численных экспериментов на гипотетических моделях сооружений для идентификации снижения жёсткости грунтовых оснований по модели «жёсткое сооружение – грунт» путём выявления зависимости [7]

$$\Delta C \Leftrightarrow \Delta \lambda, \quad (7)$$

(где  $C=Kz$ ) при имитации снижения жёсткости (упругости) грунтового основания  $Kz$  при вертикальных колебаниях сооружения (см. рис. 5, п.п. 1.1). При этом, если не ставить под сомнение правомерность теоретических зависимостей (1) – (8) на рис. 5, п.п. 1.1, апробированных в практике проектирования фундаментов под машины [9] и подтверждённых многочисленными опытами [8], то выполненные численные эксперименты [7] свидетельствуют об увеличении погрешности  $\theta$  рассматриваемого метода вибрационной диагностики по критериям (3) – (5) с увеличением статического давления  $p$  на грунтовое основание от веса  $Q$  зданий и сооружений. При этом установлено, что даже для очень массивных сооружений погрешность  $\theta$  самого метода вибрационной диагностики по критериям (3) – (5) не превышает 2%. С учётом современной аппаратной базы виброметрии общая погрешность идентификации снижения жёсткости несущих элементов сооружений по данному методу вибрационной диагностики составляет порядка 6,7%. Следовательно, доверительная вероятность постановки диагноза данным вибрационным методом составляет  $P=0,933$  [4 – 7].

Следует иметь в виду, что использование критериев (3) – (5) при мониторинге состояния зданий и сооружений правомерно лишь в тех случаях, когда в процессе мониторинга (в течении всего времени проведения  $k$ -х циклов испытаний) сохраняется постоянство массы  $M$  как всего сооружения в целом (см. зависимости (6) – (8) на рис. 5, п.п. 1.1), так и отдельных несущих конструкций (см. рис. 5, п. 2). Такие случаи характерны, если в процессе мониторинга не выполняются реконструкции и технические перевооружения, связанные со значительным изменением объёмно-планировочных и конструктивных схем объекта и весовых характеристик всего сооружения и его отдельных элементов. В противном случае весь вибрационный мониторинг следует начинать с начала с первоначальным получением «эталонных» параметров в первом цикле испытаний ( $k=1$ ) и сравнением с ними результатов последующих испытаний, как это было показано выше.

Поскольку в аналогичных условиях воздействия динамических нагрузок находятся многие здания и сооружения, в том числе высотные, большепролётные и сейсмостойкие, то данный метод вибрационной диагностики может быть применим для мониторинга широкого класса эксплуатируемых строительных объектов.

Авторы данной статьи с большим удовлетворением отмечают совпадение разработанных в ВКА имени А.Ф. Можайского методов вибрационного диагностирования, применяемых на СС объектов ВПК (см. рис. 2), с концепциями, развитыми в последние годы в Учреждениях РАН [10] по методам сейсмометрического мониторинга зданий и сооружений. Вместе с тем исследования ВКА имени А.Ф. Можайского показывают, что применение выявленных диагностических признаков (3) – (5) [3 – 7] имеют существенную специфику для идентификации снижения несущей способности грунтовых оснований (см. рис. 5, п.1) и несущих (в частности, ж/б) конструкций (см. рис. 5, п.2) по критерию снижения их жёсткости  $\Delta C$  (3). Так, при воздействии пульсационных газодинамических нагрузок на СС (см. рис. 2, 4) или ветровых нагрузок на высотные здания, а также при сейсмических воздействиях, так или иначе проявляются горизонтально-вращательные формы колебаний всего сооружения (здания) в целом (см. рис. 5, п.п.1.2). При этом в  $k$ -х циклах испытаний может преобладать либо 1-я форма колебаний с резонансом на частоте  $\lambda_1$ , либо 2-я форма колебаний с резонансом на частоте  $\lambda_2$  (см. рис. 5, п.п.1.2). Обозначим обобщённо эти резонансные частоты как  $\lambda_\varphi = \lambda_1, \lambda_2$ . Многолетние натурные эксперименты на СС (рис. 2, 4) выявляют феномен того, что при каком-либо начальном испытании ( $k=1$ ) **резонансный пик** в спектре ускорений по вибродатчику, установленному на мощной жёсткой фундаментной плите СС (см. рис. 2), может иметь место, как показано на рис. 6,а при  $k=1$ . В следующем испытании ( $k=2$ ) это пик может сместиться влево (см. рис. 6,а), что в соответствии с диагностическими

признаками (3) – (5) (см. рис. 5, п.п.1.1) должно означать, что произошло **снижение** жёсткости (несущей способности) грунтового основания на некоторую величину  $\Delta C$ . Однако в следующем эксперименте (при очередном запуске ракеты-носителя (РН), рис. 2) при  $k=3$  этот резонансный пик на частоте  $\lambda\varphi$  смещается вправо по отношению к пику при  $k=1$  (см. рис. 6,а), что согласно (3) – (5) (см. рис. 5, п.п.1.1) должно означать **увеличение** жёсткости грунтового основания. В то же время использование на СС, кроме комплекта вибрационного контроля (ВК), также геодезического (ГК) и тензометрического (ТК) [7] контроля (см. рис. 1) показывает, что смещение резонансных пиков на частотах  $\lambda\varphi=\lambda_1, \lambda_2$  (см. рис. 5, п.п.1.2) в некотором диапазоне  $\Delta\lambda\varphi$  (см. рис. 6, а) не влекло за собой ни сколь-нибудь значительных осадок (по комплекту ГК), ни увеличения напряжений (по комплекту ТК) в грунтовом основании, которое на протяжении нескольких лет (при штатных режимах запуска РН) вело себя достаточно стабильно без снижения его несущей способности. Данный феномен физически объясняется тем, что **флуктуации** резонансного пика в некотором диапазоне частот  $\Delta\lambda\varphi$  (см. рис. 6,а) является следствием того, что в каждом  $k$ -ом эксперименте (см. рис. 2, 4) по разному формируется загрузка СС в виде результирующих векторов от случайного поля пульсаций давления газовой струи РН (см. рис. 4) (прежде всего из-за разных и случайных величин тангажа, рысканья и сноса РН при  $k$ -х пусках (см. рис. 2), что приводит к тому, что в каждом  $k$ -м эксперименте радиус вращения сооружения  $\delta$  (центра его тяжести) относительно либо нижней, либо верхней точки В (рис. 5, п.п.1.2) оказывается разным ( $\delta \neq \text{const}$ ), что соответственно приводит и к непредсказуемому значению резонансной частоты  $\lambda\varphi=\lambda_1, \lambda_2$  (см. рис. 6,а) даже когда грунтовое основание не меняет свои физические свойства (свои ФМХ).

По аналогии с СС (см. рис. 2, 4, 6,а) нетрудно себе представить, что все здания и сооружения (в особенности высотные) [6] при разных по направлению и силе ветровых и сейсмических воздействиях также видоизменяют свои формы горизонтально-вращательных колебаний (см. рис. 5, п.п.1.2). Из этого следует, что все здания и сооружения обладают тем физическим свойством, что для них имеется некоторый диапазон частот  $\Delta\lambda\varphi$  (см. рис. 6,а), в пределах которого изменения резонансных частот колебаний  $\lambda\varphi=\lambda_1, \lambda_2$  (см. рис. 5, п.п.1.2) не влекут за собой снижения несущей способности (НС) грунтового основания. Следовательно диагностические признаки (3) – (5) можно использовать как **информативные** показатели снижения НС грунтовых оснований лишь в том случае, если при очередном  $k$ -м испытании пик на частоте  $\lambda\varphi$  выскочит влево из диапазона частот  $\Delta\lambda\varphi$  (см. рис. 6,а). Но такое **информативное** использование признаков (3) – (5) требует набора статистики для выявления диапазона  $\Delta\lambda\varphi$  (см. рис. 6,а). Следовательно, успешное применение методов сейсмометрии, используемых в последнее время в больших мегаполисах [10] для диагностирования состояния грунтовых оснований зданий и сооружений путём регистрации спектров их вибраций (колебаний) от техногенной сейсмике (движения наземного и подземного транспорта), требует применения таких методик, в которых в понятие «эталонных» колебаний должен включаться диапазон частот  $\Delta\lambda\varphi$  (см. рис. 6,а), полученный по набору определённой статистики (по состоятельной выборке натуральных данных, которые носят случайный характер по направлению и силе (мощности) сейсмического воздействия).

Совершенно иначе обстоит дело с применением признаков (3) – (5) для несущих ЖБК зданий и сооружений, испытывающих на себе воздействие динамических нагрузок. Чаще всего в начальный период эксплуатации строительных объектов (например, СС, рис. 2), если они возведены достаточно надёжно, несущие пролётные ЖБК (например, междуэтажные перекрытия) (см. рис. 5, п.2) не испытывают вибраций (колебаний) в своих пролётных сечениях относительно опорных узлов, поскольку работают абсолютно жёстко, совершая общие динамические перемещения вместе со всем сооружением (зданием). Поэтому, если установить вибродатчики (акселерометры в середине пролёта таких пролётных ЖБК (см. рис. 5, п.2), то эти датчики будут давать примерно те же формы спектров, характерные для колебания всего сооружения на грунтовом основании, как это показано на рис 6.а, для модели на рис. 5. Однако, при длительной эксплуатации объекта по мере снижения НС пролётных ЖБК (по разным причинам: износ, старение, дефекты защитного слоя бетона и т.п.) при

очередном цикле измерений вибраций (например, при  $k=4$ , рис. 6,б) в энергетическом спектре ускорений появляется дополнительный резонансный пик на частоте  $\lambda_k$ , соответствующей собственной частоте колебаний данной пролётной **конструкции** (рис. 6,б: пик на частоте  $\lambda_k$  при  $k=4$  показан красным цветом). Если при дальнейшей эксплуатации объекта не предпринимать мер к усилению данной пролётной конструкции (см. рис. 5, п.2), то будет иметь место дальнейшее **снижение** НС этой конструкции, которое будет проявляться в спектрах ускорений при последующих циклах измерений (например, при  $k=5$ ) в виде:

- смещения влево резонансного пика на частоте  $\lambda_k$  на некоторую величину  $\Delta\lambda_k$  (см. рис. 6,б);

- увеличения пика на частоте  $\lambda_k$  в  $\nu$  раз при  $k=5$  по сравнению с  $k=4$  (при  $k=5$  пик на частоте  $\lambda_k$  на рис. 6,б показан пунктирной красной линией).

Таким образом, диагностические признаки (3) – (5) идентично проявляются в поведении несущих ЖБК (см. рис. 6,б), как это представлено на рис. 5, п.п.1.1. Однако указанная идентичность (информативность) проявляется лишь после того, как НС пролётной ЖБК снизится на столько, что появится резонансный пик на частоте  $\lambda_k$ , который отсутствует в спектрах ускорений до той поры, пока ЖБК работает заедно с несущим оставом сооружения. Данный эффект проявления диагностических признаков (3) – (5) в отношении несущих пролётных ЖБК был установлен по многолетним натурным данным на СС (см. рис. 3, 4) по мере увеличения дефектности массивных ж/б перекрытий в сооружениях подобного типа.

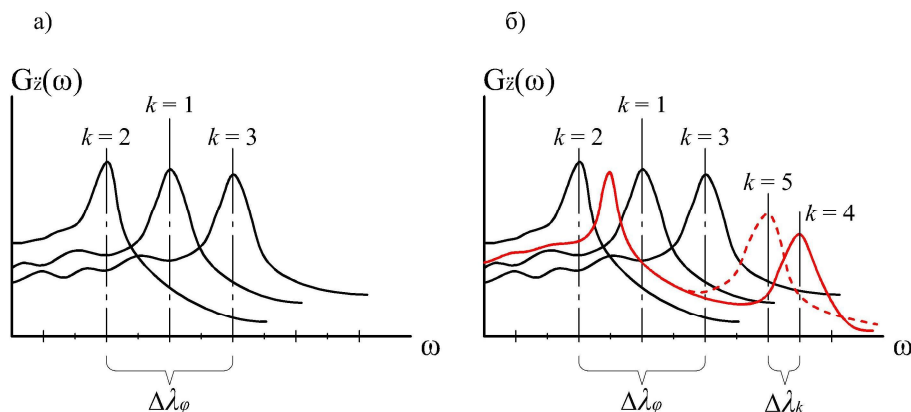


Рис. 6. Проявление вибрационных диагностических признаков (3) – (5) в энергетических спектрах ускорений  $G_z(\omega)$ :

а) всего сооружения в целом п деформировании грунтового основания по модели на рис. 5, п.1.2;

б) при деформировании несущей ЖБК по модели на рис. 5, п.2.

Таким образом, представленные диагностические признаки (3) – (5) снижения несущей способности элементов зданий и сооружений, полученные по многолетним данным на СС (см. рис. 2, 4) с помощью систем ИДК (см. рис. 1) [3 – 7], могут служить основой для дальнейшего совершенствования программно-методического обеспечения мониторинга состояния строительных объектов при наличии динамических нагрузок техногенного и природного характера.

### Библиографический список

- ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. – М.: МЧС РФ, 2005. – 22 с.
- ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: ФА по техническому регулированию и метрологии, 2010. – 50 с.
- Гусев Н.Н., Исхаков Ш.Ш. Патент: «Метод функциональной вибрационной диагностики изменения несущей способности грунтового основания и строительных конструкций зданий и сооружений» Регистрация от 01.12.2008, RU (21) 2008147445/28(13) А. – М.:

- Бюллетень «Изобретения, полезные модели» №16 (II ч.), 2010г., ФС по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2010. – С. 364.
4. *Исхаков Ш.Ш., Ковалев Ф.Е.* Принципы идентификации параметров входных и выходных процессов при мониторинге зданий и сооружений, подверженных динамическим воздействиям // Сб. докладов Международных научных чтений «Белые ночи – 2008» / МАНЭБ Ч. 2 – СПб, 2008. – С. 343 – 346.
  5. *Исхаков Ш.Ш.* К вопросу о прогнозировании выявления информативных диагностических признаков состояния зданий и сооружений при динамических воздействиях // Сб. докладов Международных научных чтений «Белые ночи – 2008»/ МАНЭБ Ч. 2 – СПб, 2008. – С. 346 – 350.
  6. *Исхаков Ш.Ш., Васкевич В.М., Ковалев Ф.Е.* Особенности вибрационной диагностики высотных сооружений при воздействии ветровых нагрузок // Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций / ВИТУ – СПб, 2009. – С. 48 – 51.
  7. *Козин П.А., Исхаков Ш.Ш., Васкевич В.М., Ковалев Ф.Е.* Методы вибрационного и тензометрического диагностирования состояния несущих конструкций и грунтовых оснований специальных сооружений при воздействии динамических нагрузок // Сб. науч. трудов (вып. №9) под ред. проф. К.И. Ерёмкина «Предотвращение аварий зданий и сооружений» – М, 2010. – С. 404 – 414.
  8. *Савинов О.А.* Фундаменты под машины. – Л., М.: Государственное изд-во литературы по строительству и архитектуре. – 1955. – 292 с.
  9. СНиП 2.02.05-87. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. – М.: ГОССТРОЙ СССР (РФ), 1988 – 52 с.
  10. *Юдахин Ф.Н., Капустян Н.К., Антоновская Г.Н.* Инженерно-сейсмические исследования геологической среды и строительных конструкций с использованием ветровых колебаний зданий. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. ISBN 5-7691-1835-0. – 156 с.



## Ремонт и усиление

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА КАРДИОЛОГИЧЕСКОГО  
ЦЕНТРА В Г. КЕМЕРОВО****RESTORATION OF BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE  
FRAMEWORK OF THE CARDIOLOGIC CENTER IN KEMEROVO**

УДК 624.016.5+69.059.7:725.513 (571.17)

**Плевков В.С.  
Балдин И.В.  
Гончаров М.Е.***Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
кафедра «Железобетонные и каменные конструкции», Россия, г. Томск***Plevkov V.S.  
Baldin I.V.  
Goncharov M.E.***Tomsk State University of Architecture and Building, department  
"Reinforced-concrete and stone designs"***Аннотация**

В статье приведены результаты обследования технического состояния строительных конструкций кардиологического центра в г. Кемерово. Авторами созданы и проанализированы пространственные конечно-элементные расчетные модели здания без усиления и с усиленными строительными несущими конструкциями, для которых выполнены статические и динамические расчеты, позволившие выявить необходимые расчетные параметры здания на основе разработанной авторами теории сопротивления по прочности и трещиностойкости. Выявлены проценты перегрузки несущих элементов каркаса и предложены варианты их усиления.

**Ключевые слова**

Авария, анализ, дефект, динамический расчет, железобетон, кардиологический центр, каркас, колонна, несущая способность, статический расчет, стык, усиление

**Summary**

In the paper the results of the inspection of the technical state of building constructions of the cardiologic center in Kemerovo. The authors created and analyzed the spatial finite-element calculation models of buildings without strengthening and reinforcement of building structures, for which carried out the static and dynamic calculations, allowing to identify the necessary design parameters of buildings on the basis of developed by the authors to the theory of strength to strength and crack resistance. The interest-bearing elements of the framework and offered variants of strengthening them.

**Key words**

Collapse, analysis, defect, dynamic analysis, reinforced concrete, cardiological department fabric, column, load-carrying capacity, static calculation, joint, reinforcing

**Н**есущая способность здания кардиологического центра в г. Кемерово со связевым каркасом из железобетонных конструкций по серии ИИ - 04, введенного в эксплуатацию в конце декабря 2006 г., в большей мере зависит от качественного монтажа железобетонных конструкций, формирующих несущую систему здания. Строительство кардиологического центра продолжалось на протяжении 25 лет. Незавершенность строительства объекта в годы перестройки, в результате которой смонтированный каркас здания простоял в незащищенных от атмосферных воздействий условиях более пятнадцати лет, не могла не отразиться на техническом состоянии несущих конструкций каркаса здания. В таких условиях железобетонные конструкции смонтированного каркаса, их узловые сопряжения, снизили свои эксплуатационные качества, что и подтвердилось сразу же после сдачи объекта в эксплуатацию посредством отказа трех наиболее нагруженных колонн на первом этаже здания [1].



Рис. 1. Общий вид здания кардиологического центра в г. Кемерово.  
The overall appearance of the building of the cardiology center in Kemerovo

С целью разработки противоаварийных мероприятий по обеспечению несущей способности железобетонных конструкций, получивших повреждения в результате разрушения стыковых сопряжений колонн, в январе-феврале 2007 года сотрудниками Томского государственного архитектурно-строительного университета было проведено обследование железобетонного каркаса здания, их узловых сопряжений на всех этажах здания.

Здание кардиологического центра в г. Кемерово построено по типовому проекту, разработанному в 1973 году московским проектным институтом «ГипроНИИЗдрав» и привязанному к местным условиям проектным институтом «Кемеровогражданпроект».

В соответствии с типовым проектом кардиологический центр в г. Кемерово представляет собой двенадцатиэтажное каркасное здание, состоящее из двух блоков, с подвалом и техническим этажом (рис. 1).

Конструктивная схема двух блоков кардиологического центра выполнена в каркасно-панельных железобетонных конструкциях по серии ИИ-04 по связевой схеме с поперечным расположением ригелей. Элементами каркаса связевого типа являются: колонны, ригели, рядовые плиты, плиты-распорки и вертикальные диафрагмы – стенки жесткости. Пространственная жесткость здания обеспечивается в обоих направлениях железобетонным каркасом и связевыми диафрагмами. Собственно железобетонный каркас, состоящий из колонн и ригелей, воспринимает только вертикальную нагрузку, а горизонтальная нагрузка от ветра воспринимается вертикальными диафрагмами жесткости. Конструкция каркаса запроектирована с частичным защемлением ригелей с колоннами.

Междуэтажные железобетонные перекрытия из железобетонных панелей с круглыми пустотами выполняют при этом функцию горизонтальных связевых диафрагм, которые, обладая высокой жесткостью в своей плоскости и распределяя горизонтальные нагрузки между многоэтажными рамами и вертикальными диафрагмами, обеспечивают пространственную работу здания.

Железобетонные колонны связевого каркаса приняты сечением 400x400 мм, высотой на один и на два этажа с индивидуальным расположением закладных деталей для всех этажей. Колонны подвального этажа изготовлены из бетона марки 400 (класса В30), все остальные колонны - из бетона марки 300 (класса В25). Армирование колонн выполнено сварными каркасами с продольной рабочей арматурой диаметром 40 мм, диаметром 32 мм или диаметром 20 мм класса А-III в зависимости от марки колонн и этажа здания. По проекту в подвале должны быть установлены колонны с несущей способностью 5800 кН (580 тс), на первом этаже - с несущей способностью 5200 кН (520 тс). Фактическое армирование колонн отличается от проектного. Так в колоннах подвала и первого этажа вместо 8 стержней диаметром 40 мм класса А-III (согласно проекту) установлено 6 стержней продольной арматуры диаметром 40 мм класса А-III.

Стык колонн располагается на 600 мм выше уровня перекрытия. Согласно проекту стыки колонн должны выполняться ванной сваркой четырех угловых стержней диаметром 40 мм, в стыках колонн предусмотрены 3 сетки С-5 и пять сеток С-6 из арматуры диаметром 12 мм класса А-III, с шагом 60 мм по высоте (рис. 2). Фактически сварка угловых стержней осуществлялась частично по проекту, частично при помощи двух накладок из арматурных коротышей меньшего диаметра (25-32 мм) на каждом стержне. В стыке колонн отсутствуют сетки С-6, а диаметр арматуры в сетках С-5 равен 6-8 мм.

Сваренные стержни для уменьшения расчетной длины должны были соединяться монтажными хомутами из стали диаметром 10 мм класса А-I, подрезки должны быть

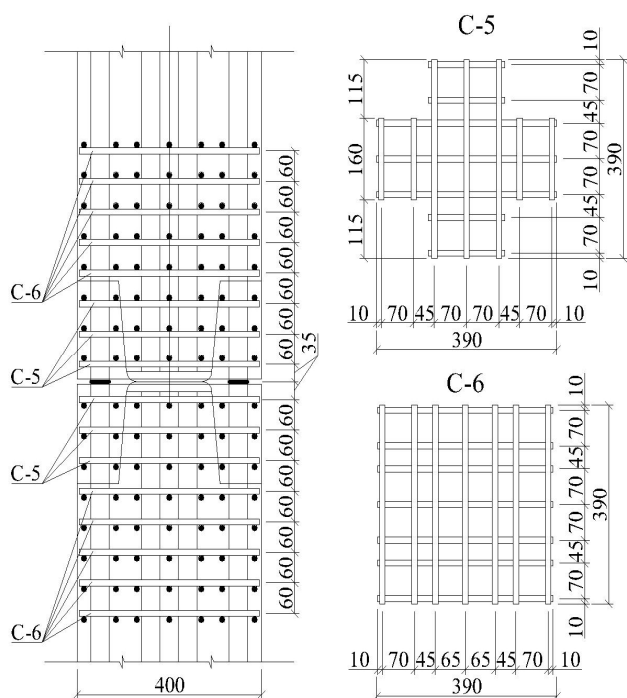


Рис. 2. Схема расположения сеток косвенного армирования проектного стыка железобетонных колонн первого этажа.  
Layout of the lateral reinforcement mats project match ferro-concrete columns of first-floor.

арматура других шести колонн первого этажа начала терять устойчивость. В некоторых колоннах и их стыках образовались продольные и поперечные трещины.

Для учета влияния дефектов строительных конструкций и отступлений от проекта на перераспределение усилий и деформации каркаса кардиологического центра в г. Кемерово были рассмотрены пространственные схемы здания. При этом рассмотрены 2 пространственных блока, образованных сборными железобетонными колоннами, на консоли которых установлены железобетонные ригели таврового сечения. По полкам ригелей уложены железобетонные многопустотные плиты и плиты-распорки междуэтажных перекрытий и покрытия. В состав

заполнены по проекту мелкозернистым бетоном марки 200 (классом В15). На отдельных участках отмечено отслоение защитного слоя бетона с оголением арматуры и малая величина защитного слоя, которая составляет 15-20 мм, что в 2 раза меньше требуемых нормами величин.

Вышеперечисленные отступления от проекта способствовали разрушению стыков несущих железобетонных колонн каркаса на первом этаже здания (рис. 3), аварийному состоянию других девяти колонн первого этажа, неработоспособному состоянию несущих железобетонных колонн подвала, первого, второго, третьего и четвертого этажей. Разрушение стыков произошло со смещением колонн в вертикальной плоскости до 30-50 мм и со смещением в горизонтальной плоскости до 15-20 мм. Стержни продольной арматуры трех колонн первого этажа потеряли устойчивость, произошло их выпучивание, разрушились места соединения продольных стержней при помощи арматурных коротышей. Продольная



Рис. 3. азрушение стыков железобетонных колонн кардиологического центра в г. Кемерово.  
The destruction of joints ferro-concrete columns of the cardiologic center in Kemerovo.

расчетных схем входят также железобетонные диафрагмы жесткости. Расчетные схемы содержат: первая- 14885 узлов и 12699 конечных элементов; вторая – 13778 узлов и 11637 конечных элементов. Второй блок зеркален первому и отличается только высотой подвала и первого этажа (3,3 и 4,2 м соответственно).

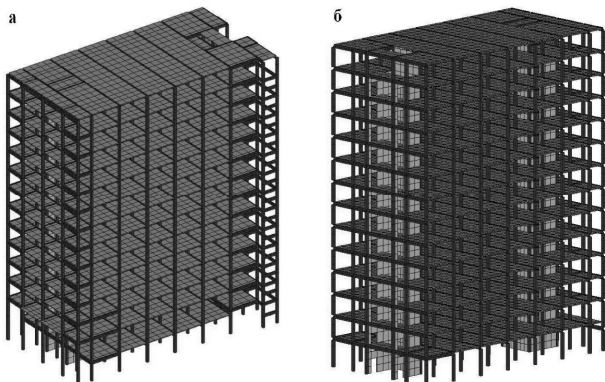


Рис. 4. Общие виды пространственных блоков в осях «А-Ж, 1-9» (а) и в осях «А-Ж, 10-17» (б).  
Common types of spatial units in the axes of "A-G, 1-9" (a) and in the axes of "A-G, 10-17" (b).

в элементах несущих колонн, ригелей, плит перекрытия и покрытия; перемещения и усилия

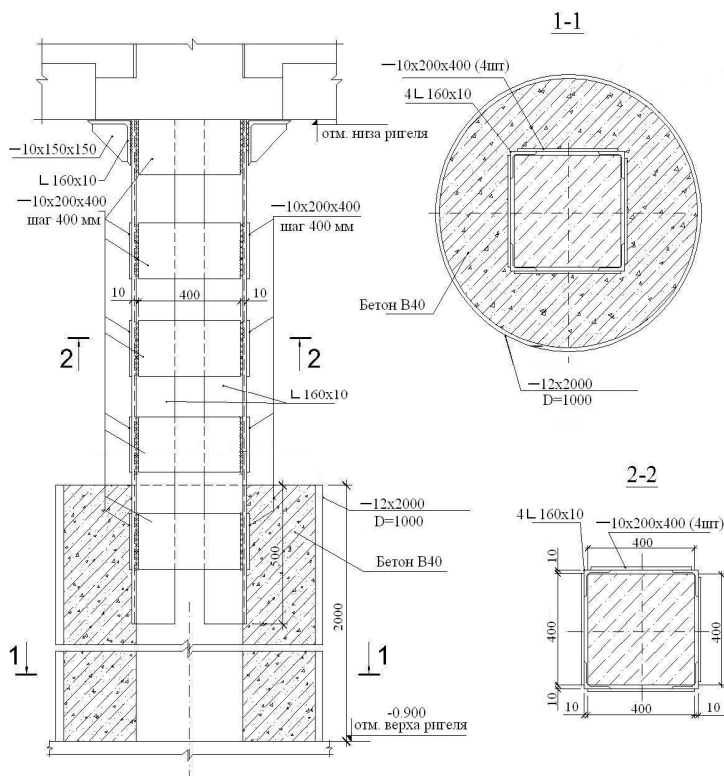


Рис. 5. Усиление железобетонной колонны при разрушении стыка и потере устойчивости рабочей арматуры в зоне стыка.  
Strengthening of reinforced concrete columns in the destruction of the match and the loss of stability of working armature in the area of the joint

было промоделировано разрушение стыков колонн на первом этаже с целью изучения перераспределения усилий между колоннами. При этом рассмотрены два варианта расчетов: 1-й – при вертикальном смещении верха колонн первого этажа на 20 мм; 2-й вариант – при смещении на 50 мм. Анализ результатов расчетов показал, что усилия в некоторых колоннах увеличиваются в 1,079-1,088 раза при смещении верха колонн первого этажа на 20 мм и в 1,257-1,288 раза при смещении верха колонн первого этажа на 50 мм. Проверочные расчеты показали, что несущая способность некоторых колонн в подвальном этаже, на первом, втором, третьем, четвертом и восьмом этажах при учете перераспределения усилий не обеспечивается. Перегрузка составляет 9,5-41,2 %.

Общие виды пространственных блоков в осях «А-Ж, 1-9» и «А-Ж, 10-17» кардиологического центра в г. Кемерово представлены на рис. 4.

Статический и динамический (с учетом пульсации ветра) расчеты пространственных блоков корпуса выполнены на 19 видов нагрузок. При этом при динамических расчетах сложной пространственной системы было учтено 30 форм собственных колебаний.

В результате статических и динамических расчетов (с учетом пульсации ветра) получены значения перемещений узлов пространственных систем и усилия в элементах от каждого нагружения; расчетные сочетания усилий

при расчетных комбинациях нагрузок, частоты и периоды собственных колебаний систем при динамических нагружениях и другие параметры.

Оценка несущей способности стыков железобетонных колонн выполнялась по нормативным документам [2] и по методикам, предложенным различными авторами [3-5], железобетонных колонн - по методике, основанной на использовании областей относительной прочности нормальных сечений железобетонных элементов, разработанной авторами статьи [6]. Анализ проверочных расчетов сечений колонн при фактическом армировании и при фактических нагрузках показал, что не обеспечивается несущая способность колонн подвального, первого, второго, третьего, четвертого, пятого и восьмого этажей. Перегрузка составляет 3,6-23,8 %.

На пространственном блоке каркаса кардиологического центра



Так же было проанализировано влияние установки металлических связей на последующих этажах на жесткость пространственных блоков каркаса при пульсации ветра. Получено, что максимальные перемещения верха колонн уменьшаются незначительно (от 62,8 мм при установке дополнительных связей в подвале, на первом и втором этажах до 55,5 мм при установке связей на всех этажах). При этом максимальные перемещения верха колонн не превышают предельно допустимых горизонтальных перемещений для многоэтажных каркасных зданий. В связи с этим был сделан вывод, что установка дополнительных металлических связей выше второго этажа не требуется.

Из-за общих деформаций каркаса здания образовались нормальные трещины в ригелях перекрытий подвала и первого этажа, трещины в плитах перекрытий, диагональные трещины в сборных железобетонных диафрагмах жесткости первого этажа и трещины в кирпичных перегородках.

Для восстановления несущей способности каркаса кардиологического центра в г. Кемерово были разработаны рекомендации по усилению и восстановлению строительных конструкций каркаса кардиологического центра в г. Кемерово и в кратчайшие сроки выполнено их усиление и восстановление.

Выполненная оценка несущей способности усиленных железобетонных колонн и их стыков, а также конструкций перекрытий при действии статических и динамических (с учетом пульсации ветра) нагрузок с учетом пространственной работы конструкций показала правомерность и надежность предложенных способов усиления строительных конструкций каркаса здания кардиологического центра в г. Кемерово, пострадавшего при разрушении стыков железобетонных колонн.

#### Библиографический список

1. Плевков В.С., Балдин И.В., Гончаров М.Е. Прочность и деформативность железобетонных колонн и их стыков при статических и динамических воздействиях. Том. Гос. Архит.-строит. Ун-т-Томск, 2008.-25с.-Библиогр.: 5 назв.-Рус.-Деп. ВНИТИ РАН 05.02.2008, № 79-В2008
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов (без предварительного напряжения) / ЦНИИпромзданий, НИИЖБ. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.
3. Стыки сборных железобетонных конструкций / Под ред. А.П. Васильева. – М.: Издательство литературы по строительству, 1970.
4. Васильев А.П., Матков Н.Г., Жансеитов М.Ф. Контактные стыки колонн с обрывом продольной арматуры // Бетон и железобетон – 1982. - №8 - С. 7-9.
5. Кузнецов В.С. Расчет и конструирование стыков и узлов элементов железобетонных конструкций. Учебное пособие.– М.: Издательство АСВ, 2002.
6. Плевков В.С., Балдин И.В., Балдин С.В., Саркисов Д.Ю., Гончаров М.Е. Прочность железобетонных колонн пространственно работающих каркасов зданий при динамических воздействиях / Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: Материалы Международных академических чтений / Курск. Гос. Техн. Ун-т. Курск, 2007. С. 123-126.

# ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ОПОР ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ THE RESTORATION OF THE PILE FOUNDATIONS OF THE TOWERS IN DIFFICULT GEOTECHNICAL CONDITIONS

УДК 69.059.

*О.Г. Кумпяк, О.Р. Пахмурин, В.С. Самсонов**Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Томск, Россия.**O. G. Kumpjak, O. R. Pahmurin, V. S. Samsonov  
Tomsk state university of architecture and building  
Tomsk, Russia.***Аннотация**

Приводится анализ состояния свайных фундаментов опор ЛЭП, эксплуатируемых на обводненной территории севера Томской области. Предлагается способ восстановления свай путем усиления разрушенных участков сборными железобетонными обоймами.

**Ключевые слова**

Опоры ЛЭП, свайное основание, коррозионное разрушение, восстановление.

**Summary**

Adduce the analysis condition of the pile foundations of the towers which run on the waterlogged territory of the north Tomsk region. Offer the way to restore the piles by the method of a reinforcing the destroyed parts with the concrete collars.

**Keywords**

Power transmission towers, piling foundation, corrode, recovery.

**Д**ля обслуживания нефтяных месторождений в нефтегазодобывающих регионах строятся высоковольтные линии электропередачи различной мощности. В северных районах Томской области в большом количестве возведены линии электропередачи ВЛ–35 с расчетным сроком эксплуатации 50 лет. На этих трассах применены стальные опоры на свайных фундаментах. В зависимости от места расположения опор и их назначения на трассах применены опоры четырех типов: промежуточные узкобазовые и широкобазовые, анкерные широкобазовые и угловые. Каждая лапа опоры в зависимости от ее конструкции опирается на 1-4 сваи, т.е. в зависимости от типа опоры свайные фундаменты под ними выполняются из четырех, восьми или шестнадцати свай. Подножки свай выступают над поверхностью земли или воды на 0,6-1,2 м.

При возведении конструкций опор ВЛ–35, в зависимости от мощности торфяного слоя применялись типовые железобетонные сваи сечением 350x350 мм длиной 10-12 м марки С 35–1–10–1 и С 35–1–12–1. Сваи армированы продольной стержневой арматурой периодического профиля с навитой поперечной арматурой из холодноотянутой проволоки  $\varnothing$  4 Вр–I. Оголовок каждой сваи усилен дополнительной продольной рабочей арматурой с более частым расположением витков поперечной арматуры. В оголовке сваи расположены анкерные болты для крепления металлических ростверков. В качестве заполнителя для бетона свай использовался щебень горных пород с максимальной крупностью 40-50 мм. Железобетонные сваи согласно государственному стандарту изготавливались из бетона маркой по морозостойкости  $F$  300 и водонепроницаемости  $W$  6. Большая глубина залегания торфяников (4-8 м), сильная заболоченность трасс, осложняющих подступы к опорам, суровые климатические условия с продолжительным периодом низкой отрицательной температуры, агрессивность болотной среды по отношению к бетону обусловили применение под опоры висячих свайных фундаментов с опиранием их на материковый грунт.

Эксплуатация опор осуществляется в сложных природно-климатических условиях. И уже через 13 лет после их возведения проявился ряд проблемных особенностей, обусловленных как типовым подходом к проектированию подобных линий, так и влиянием

природной среды на долговечность железобетонных свайных фундаментов. В связи с этим возникла необходимость проведения обследования технического состояния свайных фундаментов опор линий электропередачи ВЛ–35, обслуживающих Первомайское месторождение, находящееся на севере Томской области.

Обследуемая трасса расположена на равнинной болотистой местности на удалении 50–150 м от дороги и на большом протяжении труднопроходима из-за сильной заболоченности, а на более возвышенных местах – из-за густо произрастающей поросли. Авторами статьи было обследовано 136 опор, под которыми в общей сложности забито 876 свай. В 294 сваях выявлены различной степени разрушения, что составляет 32% от всего количества свай. Общее количество фундаментов опор ЛЭП ВЛ–35, находящихся в аварийном состоянии и требующих усиления, составило 98 (72%). Из них 57 свай требовали немедленного усиления. Массовое повреждение свайных фундаментов по всей длине высоковольтной трассы создало реальную угрозу обрушения отдельных опор ВЛ–35, а, следовательно, и остановку всех нефтедобывающих кустов из-за прекращения подачи электроэнергии.

Методика обследования опор включала в себя визуальный осмотр каждой сваи, определение прочности бетона неразрушающими методами контроля, определение длины участка поврежденной части сваи ниже дневной поверхности земли или поверхности болота, исследование характера повреждений свай, отбор и исследование проб болотной воды и разрушенного бетона из поврежденных свай.

Как показали обследования свайных фундаментов опор высоковольтной линии, наиболее подверженной разрушению из-за низкой морозостойкости бетона является верхняя часть свай – от их оголовка до нижней границы глубины промерзания торфяника. В этой части свай происходят деструктивные процессы, сопровождающиеся не только разрушением бетона, но и интенсивной коррозией продольной и поперечной арматуры.

Повреждение свайных фундаментов, как правило, характеризуется образованием вертикальных трещин разрыва вдоль выступающих углов свай, развитием сети трещин по боковым поверхностям свай, отслоением защитного слоя бетона, оголением вертикальной и поперечной арматуры, ее интенсивной коррозией с последующим разрушением бетона ядра свай. Функционирование свайных фундаментов, отнесенных в разряд аварийных, обеспечивалось только за счет сохранившейся продольной арматуры, так как бетон ядра свай полностью был разрушен и легко разбирался руками (рис. 1).

В поверхностных слоях бетона свай, соприкасающихся с внешней средой, идет интенсивное разрушение структурных элементов цементного камня. Новообразования не обладают вяжущими свойствами и достаточной плотностью, чтобы воспрепятствовать дальнейшему проникновению агрессивной среды. Они смываются, растворяются и обнажают более глубокие слои бетона. С целью установления длины поврежденной части свай в период их обследования определялось состояние их боковой поверхности на глубине 1,5...2,0 м с помощью специального щупа. В большинстве случаев длина поврежденной части свай, расположенной ниже поверхности почвы, не превышала 1,5 м, что соответствует глубине межсезонного промерзания болотистой почвы, с учетом выступающей над поверхностью частью свай, которая в зависимости от типа опор составляла от 600 до 2000 мм.

Остальная часть свай, расположенная в обводненном торфянике, находилась в удовле-



Рис. 1. Свайные фундаменты опор ЛЭП, находящиеся в аварийном состоянии

творительном состоянии.

Анализ причин разрушения бетона свай под опорами ВЛ–35, находящихся в суровых природно–климатических условиях севера Томской области, показал, что этому процессу способствуют многофакторные явления:

- отсутствие защитных мероприятий для бетона, как при изготовлении, так и при возведении свайных фундаментов. К таким мероприятиям на стадии изготовления следовало бы отнести выбор специального вяжущего, а в стадии изготовления – изоляцию поверхности в виде пропитки горячим битумом;
- недостаточная морозостойкость бетона свайных фундаментов;
- агрессивное воздействие как мягких атмосферных вод, замачивающих подножки с внешней стороны, так и природной углекислоты ( $H_2CO_3$ ), образующейся в результате биохимических процессов, протекающих в болотной среде.

Окружающая сваи среда содержит углекислоту  $H_2CO_3$ . Источниками ее обогащения являются биохимические процессы, протекающие в воде и почве. При действии углекислоты на бетон в нем происходят обменные реакции, сопровождающиеся разрушением цементного камня. Поскольку сваи постоянно находятся в агрессивной среде и размер поверхности соприкосновения и скорость притока агрессивного раствора велики, то процесс разрушения бетона протекает весьма интенсивно.

Недостаточная стойкость бетона в данных эксплуатационных условиях потребовала принятия экстренных мер по повышению эксплуатационной надежности опор ВЛ–35, исключающих отказ свайных фундаментов и угрозу обрушения опор.

С целью предотвращения возможных отказов аварийных фундаментов опор авторами разработано техническое решение по усилению свайных фундаментов с учетом материальных и природных факторов: труднодоступность к опорам ВЛ–35, заболоченность вокруг аварийных кустов, отсутствие электроэнергии на месте работы, отсутствие базы стройиндустрии, отсутствие воды для затворения бетонной смеси.

Суть этого технического решения заключается в применении сборных железобетонных тюбингов, изготовленных из полуколец. Полукольца одеваются на выступающую над поверхностью часть поврежденной сваи и собираются в тюбинг. Сборка полутюбингов вокруг каждой сваи осуществлялась на временных деревянных мостках. Соединение элементов в замкнутый тюбинг производится четырьмя стальными шпильками с последующим их предварительным напряжением динамометрическим ключом. Подготовленный таким образом элемент опускается в предварительно подготовленное ложе на глубину ниже поврежденной части сваи на 250–300 мм. Затем подобным образом монтируется второй элемент и опускается на первый. И так до тех пор, пока не будет взята в сборную железобетонную обойму вся поврежденная часть сваи. При возведении обоймы железобетонные элементы попарно разворачиваются на  $90^0$  вокруг вертикальной оси сваи для исключения стыков элементов в одном вертикальном сечении. В зазор между сборной железобетонной обоймой и поврежденной свайей устанавливаются сетки из арматуры  $\varnothing 12$  А–III в качестве конструктивного армирования. Далее зазор заполняется мелкозернистым бетоном. Приготовление бетона производилось из песчано–гравийной смеси на тампонажном цементе (ГОСТ 26798.0–85) с применением питьевой воды по ГОСТ 2874–82. Расход цемента при приготовлении бетонной смеси составлял  $500 \text{ кг/м}^3$ . По мере заполнения зазора бетонной смесью болотная вода отжималась в окружающую среду. Уплотнение бетона производилось тщательным штыкованием в течение 20–30 минут (рис. 2).

С целью защиты усиленных подножников свайных фундаментов от замачивания атмосферными водами в верхней части тюбингов устраивались уклоны, на которые после набора прочности бетона наносилась поверхностная битумная изоляция.

Наиболее трудоемкой, не поддающейся механизации частью работ в данных природных условиях являлась подготовка шурфов для сборных железобетонных обойм. После разрыхления торфа вокруг каждой сваи и удаления его из котлована с опережающей интенсивностью вычерпывалась вода, после этого определялась высота поврежденной части сваи. Для установки тюбингов на проектную отметку использовалась металлическая стойка с консолью, к



Рис. 2. Рабочий момент усиления свайных фундаментов опор ЛЭП

которой подвешивался тельфер грузоподъемностью 300 кг. Крепление стойки осуществлялось к металлическим ростверкам с помощью струбцин.

Изготовление элементов осуществлялось по 4 элемента в одной металлической опалубке. Армирование элементов выполнялось гнутыми плоскими каркасами из стержневой арматуры Ø 12 А–III. Диаметр стяжных шпилек был принят из условия равнопрочности с горизонтальной арматурой каркасов. Все элементы изготовлялись из бетона класса В 20.

За полтора месяца работы в осенне–летний период вахтовым методом бригада в составе 5 человек изготовила железобетонные элементы в требуемом количестве и выполнила усиление 57 аварийных фундаментов в сложных природно–климатических условиях.

Установленный при обследовании только одной трассы ВЛ–35 объем повреждений свайных фундаментов за короткий срок эксплуатации показал, что традиционный подход к проектированию свайных фундаментов опор ЛЭП в сложных природно–климатических условиях севера неприменим. Такой подход не обеспечивает проектной долговечности несущей системы сооружений. Нужны новые альтернативные решения свайных фундаментов, более стойких и надежных в данных природных условиях.

Поскольку в настоящее время на трассах ВЛ–35 в Томской области находится более 2000 опор, опирающихся на свайные фундаменты, большинство из которых проявляют отказ по вышеуказанным причинам, то повышение их эксплуатационной надежности является первостепенной необходимостью.

#### Библиографический список

1. щих строительных конструкций зданий и сооружений / Госстрой России. – М. 2003. – 40 с.
2. Железобетонные конструкции [Текст]: учебник / О.Г Кумпяк., З.Р. Галяутдинов, О.Р. Пахмурин., В.С. Самсонов, // Под ред О.Г Кумпяка. – М.: Изд-во АСВ, 2009.- 432 с.



# РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТА ПО КОНСОЛЬНО-БАЛОЧНОЙ СХЕМЕ

Ягофаров Х.М.

Ягофаров А.Х.

Разумов А.В.

Уральский государственный  
университет путей сообщения,  
г. Екатеринбург

## Аннотация

В статье приведены результаты обследований пролетных строений и опор автомобильного моста, находящегося в эксплуатации около 50 лет. Приведены результаты расчетов по оценке технического состояния пролетных строений, сделаны выводы о необходимости реконструкции всего моста и усиления отдельных конструкций.

## Ключевые слова

Безопасность сооружений, оценка технического состояния, реконструкция, ремонт, пролетные строения мостов.

**М**ост местного значения через р. Исеть в пригороде Екатеринбурга был возведен в 1970-е годы военными железнодорожного полка (по свидетельству местных жителей). Проект и документы на строительство отсутствуют. Пролетное строение собрано из случайных балок, в том числе балок мостовых переходов военного назначения. Полотно моста собрано из сборных железобетонных плит размерами  $3,0 \times 2,0 \times 0,15$  (т) м, свободно уложенных на балки. Плиты сверху покрыты асфальтом.

Мост предназначен для легкового автотранспорта и пешеходов.

Река несудоходная, просвет над зеркалом воды до низа балок составляет всего 1,6-2,0 м, и балки опираются непосредственно на фундаменты и береговые устои. Фундаменты снабжены ледорезами, т.к. река зимой замерзает.

Основанием фундаментов служит крупнообломочный гранит, отсыпанный непосредственно на дно реки. Береговые устои бетонные в остающейся опалубке из бревенчатого сруба.

Обследованием установлено, что пролетное строение моста находится в недопустимом состоянии [1]. Некоторое представление о техническом состоянии пролетного строения моста дают фотографии на рис. 1-3.

Кроме того, имеются нарушения норм [2] компоновочного характера, например, не организован водосброс с полотна моста. Пролетное строение моста подлежит замене. Техническое состояние фундаментов и береговых устоев работоспособное, и дальнейшая эксплуатация их возможна после ремонта. Ремонт включает в себя наращивание фундаментов железобетоном для создания продольного уклона полотна моста и установки фундаментных болтов, а также обетонирование береговых устоев железобетоном с трех сторон после удаления срубов из бревен.

Новое пролетное строение запроектировано по консольно-балочной схеме. Известно, что этой схеме присущи достоинства как разрезных, так и неразрезных балок (простота, повышенная жесткость, нечувствительность к неравномерным осадкам опор). Консольно-бало-



Рис. 1. Общий вид существующего моста



Рис. 2. Опираие балок на устой по оси 4. Полки балок деформированы.



Рис. 3. Опираие балок на устой по оси 1. Деформация (искривление) балок.

чная схема обладает и специфическим преимуществом над другими балочными схемами, а именно, возможностью регулирования усилий на стадии проектирования соответствующим выбором рационального вылета консоли. Кроме того, в консольно-балочной схеме упрощаются узлы сопряжения балок с опорами. Имеется многолетний положительный опыт эксплуатации ряда транспортных галерей с пролетным строением, выполненным по консольно-балочной схеме [3, 4].

Недостатком консольно-балочных схем является то, что устойчивость их зависит от устойчивости базового пролета. Это значит, что выход из строя базового пролета приведет к прогрессирующему обрушению всего сооружения. Этот недостаток можно сгладить путем чередования базовых и зависимых пролетов по длине сооружения, а также введением коэффициента надежности по ответственности  $\gamma_n \geq 1$  для конструкций базового пролета [5]. Учитывая сказанное, проект должен обеспечить максимальную надежность при максимальной эффективности консольно-балочной системы.

Общий вид пролетного строения моста и узлы сопряжения балок друг с другом и с фундаментом приведены на рис. 4. Мост трехпролетный. Базовым является средний пролет. На консоли балки среднего пролета опираются балки крайних пролетов.

Расчетная схема пролетного строения и эпюры изгибающих моментов, формирующих огибающую эпюру, приведены на рис. 5. Одним из критериев рациональности вылета консолей  $\lambda_k$  является равенство опорного и пролетного моментов балки базового пролета. Этот критерий принят в данном проекте. Для упрощения выкладок ширина крайних про-

летов выровнена и принята равной 10,9 м и исключены свободные консоли балок крайних пролетов вылетом 1 м. Эти упрощения мало влияют на результаты расчетов.

Аналитические выражения изгибающих моментов, обозначенных на рис. 5, б, приведены ниже.

$$M_{оп,в} = 0,5v \cdot l_2 l_k ; \quad (1)$$

$$M_{пр,в} = v \cdot (l_1^2 / 8 - 0,5 \cdot l_2 \cdot l_k) ; \quad (2)$$

$$M_{оп,р} = 0,5p \cdot l_2 \cdot l_k ; \quad (3)$$

$$M_{пр,р} = p \cdot l_1^2 / 8 ; \quad (4)$$

$$M_{оп} = M_{оп,в} + M_{оп,р} = 0,5l_2 l_k (v + p) ; \quad (5)$$

$$M_{пр} = M_{пр,в} + M_{пр,р} = v(l_1^2 / 8 - 0,5l_2 \cdot l_k) + p \cdot l_1^2 / 8 ; \quad (6)$$

Изгибающий момент в крайнем пролете от полной нагрузки равен

$$M_2 = (v + p)(l_2 - l_k)^2 / 8 . \quad (7)$$

Из условия  $M_{оп} = M_{пр}$  имеют

$$0,5l_2 \cdot l_k (v + p) = v(l_1^2 / 8 - 0,5l_2 \cdot l_k) + p \cdot l_1^2 / 8 .$$

После преобразований получают

$$l_1^2 (v + p) / 8 - l_2 \cdot l_k (v + 0,5p) = 0 ,$$

$$\text{откуда } l_K = \frac{l_1^2(v+p)}{8l_2(v+0,5p)} \quad (8)$$

Балочные изгибающие моменты в пролетах ( $l_K=0$ ) равны:

$$M_{1,Б} = (v+p)l_1^2/8 = (42+20)12,5^2/8 = 1211 \text{ кН}\cdot\text{м}; \quad (9)$$

$$M_{2,Б} = (v+p)l_2^2/8 = (42+20)10,9^2/8 = 921 \text{ кН}\cdot\text{м}. \quad (10)$$

По формуле (8) для численных значений величин получают

$$l_K = \frac{l_1^2(v+p)}{8l_2(v+0,5p)} = \frac{12,5^2(42+20)}{8 \cdot 10,9(42+0,5 \cdot 20)} = 2,136 \text{ м}.$$

В проекте принят вылет консоли, равный 1,5 м, из опасений отрыва опоры незагруженного среднего пролета в случае несанкционированного нагружения крайнего пролета в процессе производства работ.

Результаты расчетов по приведенным формулам с показателями эффективности консольно-балочной системы приведены в таблице.

**Показатели эффективности консольно-балочных схем**

Показатели	Вылет консоли $l_K$ , м		
	0	1,5	2,136
$M_{\text{ПР}} (M_{\text{ПР}}/M_{1,Б})$	$M_{1,Б}=1211(1,0)$	868(0,72)	722(0,60)
$M_{\text{ОП}} (M_{\text{ОП}}/M_{1,Б})$	0	507 -	722(0,60)
$M_2 (M_2/M_{2,Б})$	$M_{2,Б}=921(1,0)$	685(0,74)	595(0,65)
Изгибающие моменты выражены в «кН·м»			

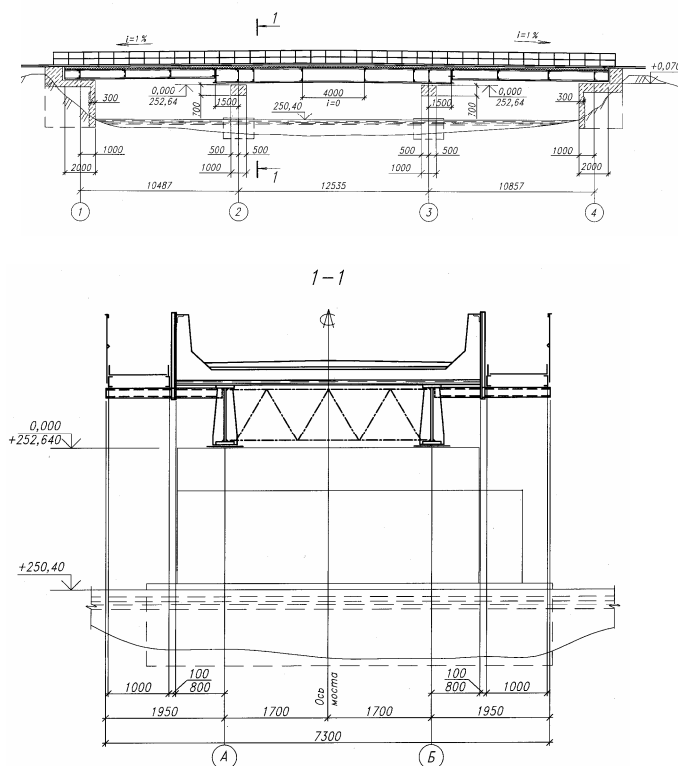


Рис. 4. Фасад и поперечный разрез запроектированного моста

Из таблицы следует:

- при оптимальном вылете консоли, равном 2,136 м, обеспечивающем выравнивание опорного и пролетного изгибающих моментов, момент в балках консольной схемы составляет 60-65% от балочного момента, что позволяет уменьшить расход стали на 28%;

- при вылете консоли, равном 1,5 м и принятом в проекте, расчетный изгибающий момент в балках консольной схемы составляет 72-74%, что позволит снизить расход стали на балки на 14%.

Полотно моста в поперечнике представлено двухконсольной плитой из монолитного железобетона (рис. 6). В плите защемлены высокие железобетонные бордюры. Снаружи бордюров предусмотрены стальные тротуары.

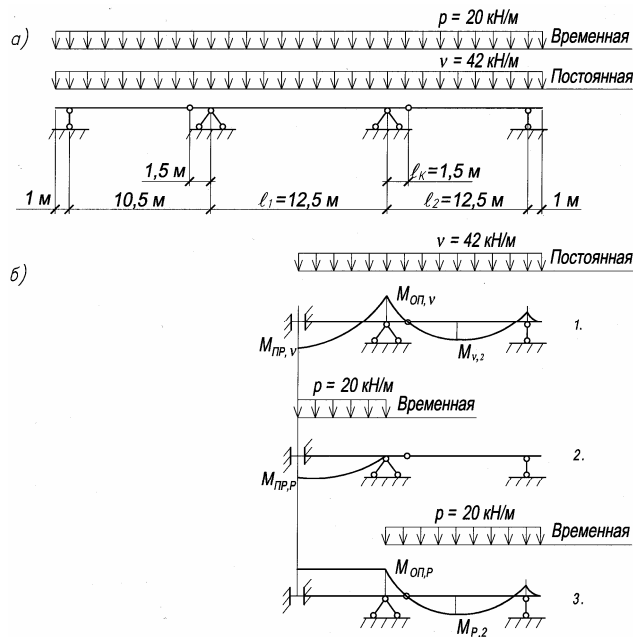


Рис. 5. Расчетная схема одной нитки балок (а); расчетные схемы балок для расчета ординат огibaющей эпюры (б)

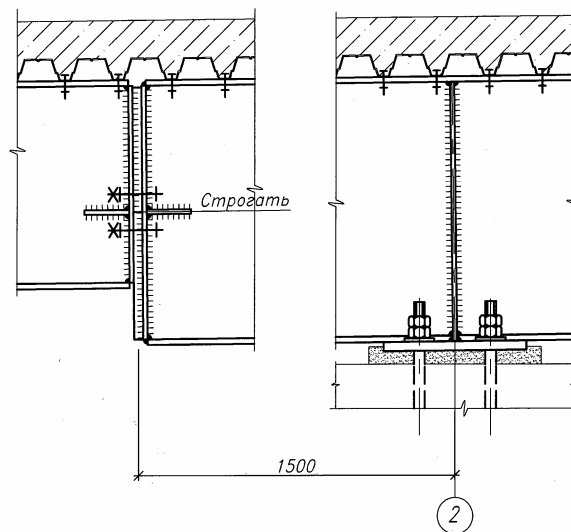


Рис. 6. Узлы сопряжения балок друг с другом и фундаментом

### Библиографический список

1. СП 18-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2003. – 26 с.
2. СНиП 2.05.03-84\*. Мосты и трубы / Минтрансстрой и МПС. – М.: Техника-Сервис, 2007. – 237 с.
3. Ягофаров Х. Пример конструктивного решения транспортерной галереи. Промышленное строительство. 1970, №12. – С. 32 – 32.
4. Ягофаров Х. Пролетное строение галереи из консольных балок. Промышленное строительство и инженерные сооружения. 1971, №4. – С. 16 – 17.
5. СНиП 2.01.07 – 85\*. Нагрузки и воздействия / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 44 с.

## Проектирование объектов

# ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ ОЛИМПИЙСКИХ ОБЪЕКТОВ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ ENGINEERING PROTECTION OF TERRITORY OF THE OLYMPIC OBJECTS AGAINST EARTH FLOWS

УДК 627.141.1

**В.А. Волосухин**

*Д.т.н., проф.*

*Академия безопасности гидротехнических сооружений.*

*Россия, Ростовская область, г. Новочеркасск.*

**V.A. Volosuhin**

*Dr. sc. tech., Professor.*

*Academy of safety of hydraulic engineering constructions.*

*Russia, the Rostov region, Novocherkassk.*

### **Аннотация**

*Получены зависимости для обоснования параметров многоуровневых гибких селевых барьеров. Обосновываются комплексные противоселевые сооружения и мероприятия в бассейне р. Мзымта с учетом роста антропогенных нагрузок, связанных со строительством олимпийских объектов («Сочи-2014»).*

### **Ключевые слова**

*Антропогенный сель, водокаменный поток, противоселевые сооружения, многоуровневые гибкие селевые барьеры, риск аварий*

### **Summary**

*Dependences for a substantiation of parameters multilevel flexible mudstream barriers are received. Are proved complex unimudstream constructions and actions in pool of the river of Mzymta taking into account growth of the anthropogenous loadings connected with building of the Olympic objects ("Sochi-2014").*

### **Key words**

*Anthropogenous mudstream, a water stone stream, unimudstream constructions, multilevel flexible mudstream barriers, risk of failures.*

**В** России селеопасны до 20 % территории [1, 2]. На территории Большого Кавказа наиболее селеопасны верховья бассейнов как крупных рек Кубань, Терек, Самур и др., так и малых, например, Причерноморских.

Средняя площадь селевых бассейнов в пределах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов находится в диапазоне от 15 до 35 км<sup>2</sup>, длина селеопасных водотоков составляет 6 – 8 км, средний уклон русла составляет 110 – 280 % (падение 110 – 280 м на 1 км).

На южном склоне горной системы Большого Кавказа последнее десятилетие отмечается тенденция роста ущербов от схода селей – это связано с отсутствием системы инженерного мониторинга селевых бассейнов, отсутствием службы эксплуатации, низкой эффективностью прогноза схода селей, недостаточным количеством специалистов-селевиков, выпускаемых вузами, точечной реализацией мероприятий инженерной защиты от селевых потоков, а наиболее оправданы комплексные мероприятия во всем селевом бассейне.

Проведение Олимпиады «Сочи - 2014» является одним из важнейших национальных проектов Российской Федерации. В настоящее время осуществляется строительство большого числа спортивных, гражданских объектов и инженерных сетей в условиях сложного горного и предгорного рельефа Кавказа, в том числе в бассейне малых рек.

Черноморское побережье Краснодарского края, благодаря своим богатейшим природным ресурсам, является объектом интенсивной хозяйственной деятельности. На территории

Черноморского побережья, составляющей 11 % территории Краснодарского края, проживает 17 % населения. Учитывая, что в хозяйственном использовании находится всего 22 % территории Черноморского побережья, то плотность населения здесь в 7 раз выше, чем в среднем по Краснодарскому краю и в 59 раз больше, чем в среднем по России.

В качестве объекта исследований нами взята р. Мзымта, самая крупная и многоводная из рек Черноморского побережья в пределах Краснодарского края [1]. Мзымта зарождается на южном склоне Главного Кавказского хребта в районе горы Лююб, на высоте 2980 м. Продолав среди гор путь в 89 км и собрав воду с площади 885 км<sup>2</sup>, Мзымта вливается в Черное море у Адлера.

В переводе с черкесского Мзымта означает «бешеная», и она вполне оправдывает свое название, так как это бурная горная река, быстро и шумно несущая свои пенящиеся воды между крутыми скалистыми берегами. Питают р. Мзымту небольшие ледники, фирновые снеговые поля хребтов Агепсты, Псеашхо, Чугуша, затяжные осенние дожди, летние ливни. Кроме того, бассейн реки в верхнем течении очень богат родниками и источниками, подпитывающее значение которых особенно заметно в меженный период.

Водный режим Мзымты – паводочный, при этом наблюдаются паводки весенние, летние и осенние. Наибольшие расходы и наивысшие уровни приходятся на апрель – май. Низкие горизонты и расходы наблюдаются в январе – феврале и июле – августе. Средний годовой расход воды у села Кепша составляет около 44 м<sup>3</sup>/с, а максимальный 764 м<sup>3</sup>/с. За год река выносит в Черное море свыше 1,4 млрд. м<sup>3</sup> воды и большое количество твердых наносов.

В бассейне р. Мзымта и ее 557 притоков насчитывается около 100 селевых бассейнов, из которых особо опасными являются 19.

Средний уклон р. Мзымта 27 % средняя высота 1309 м. Основными притоками являются р. Пслух (17 км), Лаура (20 км), Ачипсе (17 км), Чвежипсе (21 км). Густота речной сети 1,16 км/км<sup>2</sup>. На водосборе 53 озера, общая их площадь 0,68 км<sup>2</sup>, коэффициент озерности равен 0,08 %.

Бассейн расположен в западной высокогорной части Большого Кавказа, носящей название Абхазской цепи. Рельеф бассейна горный, сильно пересеченный глубокими боковыми долинами притоков с крутыми (30 - 40°), возвышающимися до 600 - 700 м над дном долины, склонами. Вершины хребтов имеют резкие очертания, они преимущественно скалистые и оголенные. Большая же часть поверхности бассейна покрыта лесом, который имеет вертикальную зональность: дуб, бук, граб, ель, сосна, пихта, альпийские луга. Наивысшей точкой водосбора является гора Агапта (3261 м), на северных склонах которой залегают снежники и фирновые ледники, площадь которых 2,5 км<sup>2</sup>. Примерно половина (52 %) бассейна расположена на высоте 2500 - 1000 м, 40 % на высоте 1000 - 250 м и 8 % ниже 250 м.

Сложен бассейн преимущественно глинистыми сланцами, песчаниками, известняками и мергелями, в верхней части встречаются древние породы: кристаллические сланцы, граниты и др. Коренные породы перекрыты горно-луговыми почвами и лесными буроземами. Около 70 % площади бассейна занято лесом, который имеет вертикальную зональность: внизу дуб и бук, выше 1000 м – ель и пихта, выше 2000 м – альпийские луга. Долина реки имеет сложное строение. Здесь выделяются участки русла каньонного типа, развитые на участках в районе впадения р. Пслух, ущелье Ахцу и Ахштырь, а также широкие участки у впадения крупных рек в р. Мзымта, называемые котловинами (например, Краснополянская, Эсто-Садокская).

Долина реки преимущественно V-образная, в некоторых местах, где река прорезает хребты – ущелья, а на устьевом участке трапециевидная. Ширина V-образной долины (дна) колеблется от 10 до 100 м, трапециевидной до 500 м, на устьевом участке до 10 км. Склоны долины обычно прямые, крутые, местами отвесные скалы, ниже п. Красная Поляна – выпуклые, уположенные, с террасами шириной до 300 м, которые осваиваются под сельхозугодия. Склоны изрезаны боковыми притоками и покрыты густым лесом и кустарником, грунт преимущественно суглинистый, местами отмечаются выходы коренных пород.

Пойма развита в среднем и нижнем течении, отсутствует в верховьях и ущельях. Преобладающая ширина до 100 м в среднем течении и до 400 м в низовьях. Высота поймы до

1,5 м, сложена песчано-гравелистым грунтом и поросла густым ольховым лесом и кустарником. В паводки пойма затопливается на глубину до 1,5 м.

Русло в верхнем течении ровное, прямое, каменистое с водопадами, шириной 1 - 2 м. В среднем течении русло умеренно извилистое, побочневого типа, галечно-валунное, шириной до 25 м. Ниже впадения притока р. Лаура русло р. Мзымта умеренно извилистое, разветвленное, побочнево-осередкового типа, рукава отделяющие острова, шириной около 10 м, глубиной около 0,5 м. Острова располагаются через 1 - 3 км и имеют длину до 500 м, ширину до 80 м и высоту до 2 м. Сложены острова песчано-гравийными отложениями и поросли ольхой и кустарником. Ширина неразветвленного участка русла ниже впадения р. Лаура в среднем составляет 40 м, расширяясь иногда до 70 м (4 км выше устья). Глубины, в межень, на перекатах составляют здесь 0,2 - 0,6 м, на плесах до 3,5 м, скорость течения соответственно 1,5 - 0,5 м/с.

Дно реки неровное – замощено валунами (вверху обломками скал) и галькой, карчами, деревьями.

Берега в верховьях и ущельях отвесные, скалистые – сливаются со склонами долины, на остальном протяжении их высота изменяется от 1 - 1,5 (пойменные участки), до 3 - 5 м (вдоль террас). Берега преимущественно крутые, сложены галечно-гравелистым материалом, деформируемые.

У пос. Красная Поляна расположена деривационная ГЭС. Плотина находится в 1,1 км ниже устья р. Бешенка. Её параметры следующие: высота 8 м, ширина 5 м, длина 97 м.

Среднемесячное и среднегодовое количество осадков в бассейне р. Мзымта при ведено в таблице 1. В таблице 2 приведено наибольшее суточное количество осадков на метеостанции Красная Поляна. Максимальные модули стока р. Мзымта представлены в таблице 3.

**Таблица 1 – Среднемесячное и среднегодовое количество осадков**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Сочи (Адлер)	177	142	118	107	83	91	94	108	140	124	158	165	1507
Кепш	279	245	235	164	128	155	141	155	175	201	240	274	2392
Красная Поляна	196	178	168	137	125	133	120	112	143	179	193	220	1904
Ачишхо	468	430	393	237	204	225	167	167	211	312	385	483	3682
Пслух (караулка)	188	168	155	131	121	137	127	111	143	170	189	229	1869

**Таблица 2 – Наибольшие суточные осадки на метеостанции Красная Поляна**

Период, года	Наибольшие слои осадков (мм) за интервалы времени (мин.) по пловниографу									Наибольшие суточные осадки по омадкметру, мм
	10	20	40	60	90	150	300	720	1440	
1983 -1987,91	11,6	18,4	24,7	28,0	37,5	60,7	61,7	84,3	85,4	188

**Таблица 3 – Максимальные модули стока р. Мзымта (по данным наблюдений)**

Река, пункт	Площадь, км <sup>2</sup>	Ряд лет наблюдений	Средний максимальный расход, м <sup>3</sup> /сек	Средний модуль максимального стока, л·с/км <sup>2</sup>	Наиболее максимальный модуль, л·с/км <sup>2</sup>
Мзымта –пос. Кепт	798	23	280	350	958



Рис. 1. Гибкие многоуровневые селезащитные барьеры.



Рис. 2. Пропуск меженного расхода под селезащитным барьером.

Еще в 70-е годы нами обосновывалась эффективность в верховьях селевых бассейнов гибких селезащитных сооружений, а в низовьях – селепропускных сооружений [3]. Несмотря на многократные предложения по гибким селезащитным сооружениям в верховьях селевых бассейнов, в том числе на международных селевых конференциях [7, 9] они не получили применения в Российской Федерации. В качестве основного мероприятия в селевом бассейне горной системы Большого Кавказа пока остается устройство дорогостоящих селепропускных сооружений [3].

Гибкие селезащитные сооружения в верховьях селевых бассейнов эффективны при объеме выноса селевой массы до 10 – 15 тыс. м<sup>3</sup>, с плотностью селевого потока 18 – 22 кН/м<sup>3</sup>, высотой потока до 2 м, скоростью селевого потока до 6 – 10 м/с.

В августе 2008 г. в селевом бассейне р. Гуммер (Швейцария) [10] было установлено тринадцать гибких селевых барьеров с общим объемом задержания селевой массы более 10 тыс. м<sup>3</sup>. Опыт их эксплуатации подтвердил высокую эффективность (рисунок 1, 2).

До настоящего времени нам не известны работы, где был бы обоснован расчет прочности и жесткости гибких селезащитных сооружений [1, 2, 3, 6].

Используя основы технической теории тканевых композитов [4, 5] имеем дифференциальное уравнение для деформированного состояния гибкого селезащитного барьера:

$$\frac{y''}{[1+(\gamma')^2]^{3/2}} = -\frac{\gamma y}{T} \quad (1)$$

где  $\gamma$  - удельный вес селевого потока, кН/м<sup>3</sup>,  
 $T = \sigma \cdot t$  - усилие в композитном материале, кН/м,  
 $\sigma$  - напряжение в композитном материале, кН/м<sup>2</sup>,  
 $t$  - толщина композитного материала, м.

Из выражения (1) имеем:

$$\frac{d}{dy} \left[ -\frac{1}{\sqrt{1+(\gamma')^2}} \right] = -\frac{\gamma y}{T} \quad (2)$$

отсюда

$$-\frac{1}{\sqrt{1+(\gamma')^2}} = -\frac{\gamma y^2}{2T} + c_1$$

Учитывая граничные условия  $y_0 = 0$ ,  $x_0 = 0$ ,  $\varphi = \varphi_0$ ,  $l_0 = 0$  получаем:

$$y = -\frac{2}{k} \sqrt{\frac{T}{\gamma}} \cdot \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi} \quad (3)$$

где  $k = \frac{1}{\sin \psi_0}$ ,  $2\psi = \varphi$ .

Так как  $k > 1$ , введя подстановки  $\bar{k} = \frac{1}{k} = \sin \psi_0$ ,  $k \cdot \sin \psi = \sin \bar{\psi}$ , следовательно,

$$y = -\bar{k} \sqrt{\frac{2T}{\gamma}} \cos \bar{\psi} \quad (4)$$

Дифференцируя выражения (2) и используя граничные условия, после несложных преобразований получаем:

$$\begin{cases} x = \sqrt{\frac{4T}{V}} \delta E(\bar{k}; \frac{\pi}{2}; \psi), \\ l = \sqrt{\frac{4T}{V}} \delta F(\bar{k}; \frac{\pi}{2}; \psi), \end{cases} \quad (5)$$

где  $\delta E(\bar{k}; \frac{\pi}{2}; \psi) = E(\bar{k}; \frac{\pi}{2}) - E(\bar{k}; \psi)$ ,

$\delta F(\bar{k}; \frac{\pi}{2}; \psi) = F(\bar{k}; \frac{\pi}{2}) - F(\bar{k}; \psi)$ ,

$F(\bar{k}; \psi)$ ,  $E(\bar{k}; \psi)$  - эллиптические интегралы первого и второго ряда.

Для определения параметров анкерной опоры имеем:

$$\begin{cases} H = k \sqrt{\frac{4T}{V}} \cos \alpha \bar{u}_{exp}, \\ A = \sqrt{\frac{4T}{V}} \delta E(\bar{k}; \frac{\pi}{2}; \psi), \\ L = \sqrt{\frac{4T}{V}} \delta F(\bar{k}; \frac{\pi}{2}; \psi). \end{cases} \quad (6)$$

Получена полная система уравнений, позволяющая определить геометрические параметры гибкого селезащитного барьера и напряжения в сетке керах. В селевом бассейне р. Гуммер (Швейцария) использована кольцевая сетка диаметром ячейки от 0,3 до 0,5 м, что позволяет на каждом гиком барьере задерживать до 10 % селевой массы (рисунки 3, 4, 5).

В бассейне р. Мзымта наиболее перспективны плексные меры защиты объектов экономики, олимпийских объектов и населения от селей, в том числе антропогенных. В верховьях створа и притоков Мзымта наиболее перспективны мелиоративные мероприятия (облесение и залужение склонов, террасирование склонов, регулирование поверхностного стока с помощью простейших сооружений, профилактический спуск завальных озер, усиление напорного фронта участков возможного порыва отдельных горных озер и др.) в сочетании с простейшими техническими мерами защиты (многоуровневые гибкие селевые барьеры и т.д.).

В низовьях р. Мзымта должны строиться селепропускные сооружения. Еще в начале XX века обосновывалась целесообразность устройства селепропускных сооружений в низовьях р. Мзымта максимальный расход  $Q = 2100 \text{ м}^3/\text{с}$  с инженерными противоселевыми сооружениями, обеспечивающими защиту от поднятия уровня воды в реке до 5 м. Для эффективной защиты объектов экономики селения от селей в бассейне р.

Мзымта должна быть создана противоселевая служба, действующая во взаимодействии с научно-исследовательскими организациями, в функции которой должно входить изучение селевого процесса, селевого режима, факторов и генезиса, оценки и прогноза селевых процессов и риска аварий.



Рис.3. Гибкий многоуровневый селевой барьер до прохождения селя.



Рис.4. Гибкий многоуровневый селевой барьер после прохождения селевого потока.



Рис.5. Защита водопропускного сооружения гибкими многоуровневыми селевыми барьерами.

и ан-  
до  
ком-  
р.  
на  
и на-

### Выводы

1. На южном склоне горной системы Большого Кавказа в верховьях селевых русел перспективны гибкие многоуровневые селезащитные барьеры, способные задержать объем селевой массы в грязевом и грязекаменном селевом потоке до 10 – 15 тыс. м<sup>3</sup>. К их достоинствам относится легкость, простота монтажа в условиях горного рельефа, высокая эффективность селезащиты.

2. Зависимости (5) и (6) позволяют определять геометрические параметры гибких селезащитных барьеров, напряжения в сетке и анкерах.

### Библиографический список

1. Безопасность России. Защита населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. – М.: МГФ «Знание», 1999. – 588 с.
2. Власов А.Ю. Селевые явления на территории СССР и меры борьбы с ними. Библиографический указатель. Часть 2. – Пятигорск, Севкавгипроводхоз, 2008. – 333 с.
3. Волосухин В.А., Носов К.Н. Расчет и проектирование селепропускных потоков. Изд. 2-ое, испр. и доп. – Новочеркасск, НГМА, 2006. – 107 с.
4. Волосухин В.А. Расчет мягких конструкций гидротехнических сооружений / Труды Новочеркасского инженерно-мелиоративного института, том XVI, вып 6, 1975. – с. 52 – 57.
5. Сергеев Б.И., Волосухин В.А. Расчет гидротехнических мягких конструкций / Сб. научн. трудов ЮжНИИГиМ, вып. XXIV, 1976. – с. 16 – 88.
6. Рекомендации по проектированию противоселевых защитных сооружений / П-814-84. – М.: Гидропроект, 1985. – 109 с.
7. Волосухин В.А. Прочность, жесткость и устойчивость противозерозионных и противоселевых гидротехнических сооружений / Материалы Международной конференции по селям «Защита народнохозяйственных объектов от воздействия селевых потоков», Пятигорск, 17 – 21 ноября 2003. – Пятигорск, Севкавгипроводхоз, 2003, с. 107.
8. Волосухин В.А. Сетчатые конструкции в водном хозяйстве – Новочеркасск, НИМИ, 1994. – 114 с.
9. Волосухин В.А. Совершенствование методов расчета напряженно-деформированного состояния сетчатых сооружений / Материалы Международной конференции по селям «Защита народнохозяйственных объектов от воздействия селевых потоков», Пятигорск, 17 – 21 ноября 2003. – Пятигорск, Севкавгипроводхоз, 2003, с. 108.
10. [www.geobruigg.com](http://www.geobruigg.com)



## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ PECULIARITIES OF UNIQUE STRUCTURES DESIGN

**Никонов Н.Н.**

Научный консультант ГУ Центр «Энлаком», г.  
Москва, доктор технических наук

**Nikonov N.N.**

Scientific consultant of The Center «Enlakom»,  
Moscow, doctor of engineering

### **Аннотация**

Статья есть извлечение из книги автора «Добровольно о безопасности», выпущенной издательством Ассоциации строительных вузов в 2010 году. В статье подробно разбирается весь комплекс работ при создании сложных инженерных сооружений: само проектирование, работа внутренней и внешней экспертизы, научного сопровождения, показываются основные принципы конструирования сложных сооружений.

### **Ключевые слова**

Уникальное сооружение, постановка задачи, специальные технические условия, расчёты, принципы конструирования.

### **Summary**

This article is an excerpt from the author's book *Voluntarily about safety* published by «АСВ» publishing house in 2010. The article analyzes the whole set of work in the course of composite engineering structures erection: design itself, external and internal expertise, science-based control, and principles of construction.

### **Keywords**

Unique building, task formulation, special technical terms, calculations, principles of construction design.

«Все неизвестное потенциально опасно».

**Клиффорд Саймак**

**В**осьмом приложении еще раз было упомянуто определение уникального здания или сооружения, приведен внушительный перечень действий, сопровождающий их проектирование и строительство. Поскольку в официальных документах, в том числе и в Градостроительном Кодексе РФ, настойчиво продолжают связывать уникальность с размерами строений, то, на мой взгляд, необходимо еще раз разъяснить абсурдность такой связи.

Как всегда, в начале следует выявить смысл понятия «**уникальное сооружение**». Если обратиться к первоначальному определению, сформулированному даже в «Восьми лекциях о профессии» (М. АСВ, 2005) – вот как сильны стереотипы, – то уникальное сооружение – объект с безопорным покрытием свыше 60 метров и возможностью пребывания под ним или на нем (мосты) более 300 человек, а также здание выше 75 метров. Сам ведь писал!

П. Еремеев [2, 3], анализируя зарубежные и отечественные публикации, уточняет: «*к уникальным большепролетным объектам, как правило, следует относить сооружения, отвечающие следующим условиям:*

- *пролет свыше 60 м – при принципиально новых конструктивных решениях, не прошедших апробацию в практике строительства и эксплуатации;*
- *пролет свыше 100 м – при конструктивных решениях, прошедших успешную апробацию в практике проектирования, строительства и эксплуатации».*

Градостроительный кодекс РФ непоследователен и еще более привязан к количественным показателям при определении уникальности объектов капитального строительства. К ним он относит:

«1. Аэропорты и иные объекты авиационной инфраструктуры.

2. Объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования.

3. Метрополитены.

4. Автомобильные дороги общего городского пользования и относящиеся к ним транспортные инженерные сооружения.

5. Экспериментальные и другие объекты, у которых предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:

– высота которых более 75 м;

– пролеты более чем 100 м;

– консоли более 20 м;

– заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки земли более чем на 10 м;

– конструкции фасадных систем (как предложение Москомархитектуры);

– наличие конструкций и конструктивных систем, в отношении которых применяются нестандартные методы расчета с учетом физических или геометрических нелинейных свойств либо разрабатываются специальные методы расчета».

Странная, устаревшая точка зрения. Давно пора во всех расчетах сложных конструкций учитывать нелинейность, физическую и геометрическую и не относить их к не стандартным действиям. А определение уникальности требует особого разбора. Вдумываясь в написанное, понимаешь, что размеры не отражают полностью смысл понятия «**уникальный**». Если десять раз запроектировать и построить сооружение, к примеру, с консолью в 20 м, где здесь, скажите, уникальность? Ее уже нет и во втором разе применения, но, несмотря на очевидную бессмыслицу, в Градостроительных кодексах РФ и Москвы уникальность определяется по размерам. Тогда как уникальным может быть и небольшое по размеру здание, невысокое, подземное, оснащенное впервые новейшим оборудованием, посаженное на впервые встретившееся сочетание различных грунтов, приближенное к источникам сильной вибрации и т.д. Но здесь возникает вопрос: может быть количественная характеристика уникальности не так уж и плоха? В Москве 20-метровая консоль, в Красноярске – такая же, страна большая, и там и сям в первый раз, уникамы значит. Тогда вернусь к тому, с чего начал. Все, что делается в стране нового, интересного и в первый раз, должно изучаться и обобщаться, с тем, чтобы завтра стать обычным и потому нормой. Так куётся знание, так создаются условия для роста профессионалов. И это, конечно, забота государства и только его.

И еще два примера.

Метрополитены, аэропорты и то, что на них похоже, по определению уникальны. Геологическая обстановка, роза ветров, функциональная нагрузка делают единственным в своем роде каждый новый объект. Тут и упоминать особо не требуется: попробуй, не учти особенности, присущие только этому сооружению – неприятностей не избежать.

Что же тогда связывает и относит к уникальным явлениям в архитектуре и строительстве все перечисленные в Кодексах объекты? Только одно: **отсутствие на момент их создания нормативов и технических регламентов.**

Следовательно, когда у проектировщика нет возможности обратиться к строительным нормам (СНиП) – значит, он имеет дело с уникальным объектом. **Общее в уникальных зданиях только их обособленность от других, неповторимость.**

Поэтому, для того чтобы работать с уникальным объектом, нужно одновременно с проектированием создавать нормативы для этого сооружения; осознать, что многоступенчатый контроль в этом случае приобретает первостепенное значение. Контроль над творчеством – звучит парадоксально, но это как раз то, что обеспечит безопасность строительства и надежную эксплуатацию.

**Основные этапы проектирования и строительства. Лица, участвующие в них.** Архитектурное творчество начинается с возникновения желания построить нечто, приносящее пользу городу и прибыль лицу, имя которому – **инвестор**. В его роли может выступать отдельная персона или город; прибыль может выражаться в деньгах или в социальном эффекте.

До начала проектирования инвестор должен получить необходимые для предпроектной части документы:

- отвод участка;
- градостроительное задание;
- разрешения на подключение к инженерным системам города и т.п.

К предварительным данным относятся также геодезические и инженерно-геологические материалы.

Содержание инженерно-геологических изысканий для уникального объекта должно включать в себя изначально геофизическое обследование участка застройки. Именно оно дает представление о морфологии грунтового массива, возможных геотектонических аномалиях и даже о пригодности участка для строительства уникального объекта. Более того, работа геофизиков облегчит заказчику и авторам проекта составление задания на дополнительные инженерно-геологические изыскания, обоснование количества и глубины скважин, а также их расположение на участке. В целом задача геофизиков и геологов – подробно описать свойства несущих и подстилающих грунтовых слоев, гидрогеологическую обстановку на участке, дать обоснованный геотехнический прогноз на время строительства и рекомендации для службы эксплуатации.

Следующий шаг в работе инвестора (заказчика) – **постановка задачи**.

Содержание технического задания (ТЗ) и есть акт постановки задания. ТЗ – очень важный документ, согласование его инвестором не только выявит будущие технические решения, но и затраты, которые найдут отражение в бизнес-плане. Пусть читателя не смущает еще один повтор требований к содержанию ТЗ и СТУ, ведь *«повторение – мать учения»*, а повторение важных положений – и мать, и отец вместе.

Поэтому ТЗ должно содержать:

- краткое описание целей проекта;
- подтверждение расходов на информационное обеспечение проекта;
- обоснование научно-технического сопровождения трехстадийного проектирования, экспертизы на всех стадиях, разработку нескольких вариантов концептуального проекта (первая стадия проекта), затрат на проверку основных расчетов и инженерных решений параллельной проектной бригадой;
  - согласование расходов на моделирование, а при необходимости, в особо сложных случаях, проектирование, строительство и испытания крупномасштабного прототипа;
  - определение сроков проведения архитектурно-технических советов в организации, ведущей проектирование;
  - подтверждение дополнительных геодезических и инженерно- геологических изысканий;
  - описание участка строительства и соседствующих с ним строений;
  - обоснование обследований близлежащих зданий, укрепление их основания, фундаментов, несущих и ограждающих конструкций;
  - описание особых условий строительства (прогнозируемое изменение свойств несущего грунтового массива, наличие карстовых опасных зон на участке, высокий уровень грунтовых вод, приближенность будущего объекта к постоянным источникам вибраций и шума, микросейсмораионирование и т.п.);
  - определение степени ответственности сооружения, назначение коэффициента ответственности;
  - сведения о конструкциях, инженерном оборудовании и материалах;
  - условия авторского надзора;
  - обоснование комплексного мониторинга и включения в проект новых разделов: «Паспорт объекта» и «Требования к эксплуатации объекта»;
  - задание на подготовку специальных технических условий на проектирование, строительство и эксплуатацию объекта, а также бизнес-плана.

Как правило, большинство специалистов, с кем приходилось обсуждать необходимость

бизнес-плана на первых порах проектирования, недоумевали – зачем он нужен? Затем, что он выявляет возможные затраты на проект. Последние определяют, каким будет сооружение, какие технические решения, технологии и материалы может отобрать архитектор, чтобы вписаться в сумму, определенную бизнес-планом. Так что этот документ очень важен, сама его разработка тоже требует денег, предусмотреть их в своде расходов – задача заказчика и главного архитектора проекта.

Согласованные инвестором ТЗ и градостроительное задание, особенности участка для строительства, предполагаемая функция сооружения, обработанная информация об осуществленных подобных проектах в сознании автора-архитектора преломляются в субъективные установки на деятельность, в результате которой рождается прообраз будущего сооружения. Различные его варианты, подтвержденные приближенными расчетами инженеров-конструкторов, на основе предварительных данных, установленных на схожих построенных объектах, находят отражение в концептуальном проекте, который, пройдя экспертизу, представляется на архитектурно-технический совет проектного института, а после одобрения рассматривается Общественным градостроительным советом при мэре Москвы. Здесь отбирают рабочий вариант или предлагают продолжить поиски лучшего.

С утверждением отобранного варианта в работу включается научное сопровождение проекта. Научные бригады вместе с проектировщиками определяют основные позиции проекта, которые необходимо обосновать исследованиями модели, расчетами для составления специальных технических условий (СТУ).

**Специальные технические условия** – продукт «сиюминутного нормотворчества», пригодный только для единственного уникального объекта. В СТУ описываются и узакониваются новые разделы проекта, обязательные к исполнению действия проектировщиков и строителей, основные характеристики здания – высота, форма, необходимые свойства строительных материалов, выбор фасадной системы, требования к основным конструкциям здания; форма и величины основных расчетных нагрузок; условия безопасной эксплуатации, описание инженерных систем, обеспечивающих минимально возможное энергопотребление; многоступенчатый контроль, – внутренняя проверка (бригадная и институтская), экспертиза всех стадий проекта, авторский и технический надзоры, мониторинг строительства – и, конечно, обязательная проверка конструктивного остова здания на пространственную устойчивость и выявление динамических характеристик здания.

**Генподрядчик как соавтор проекта. ГИП и главный конструктор объекта.** Концептуальный проект и бизнес-план дают возможность провести подрядные торги. Выбор генподрядчика должен быть основан на предшествующем опыте строительства сложных объектов, их последующей безупречной эксплуатации, обладании сертификата качества, на способности критически оценивать проектные решения, вносить в них улучшающие предложения и т.п. То есть стать полноценным соавтором проекта.

Разработка проектов уникальных сооружений требует многих специальных знаний. Нагрузки и воздействия, устойчивость системы в целом и отдельных структурных элементов, физическая и геометрическая нелинейность, кратковременная и длительная ползучесть, надежность и запасы прочности материалов, чувствительность конструктивной системы к внутренним структурным изменениям – все перечисленное должно быть в поле зрения инженера-конструктора. Четкая организация работы, научно-техническое обоснование проекта, финансирование, контроль и приемка всех этапов проектирования, возведения и сдачи в эксплуатацию уникального сооружения – предметы, по которым экзаменуется главный инженер проекта.

**Нагрузки и воздействия.** Сооружения должны воспринимать любые сочетания нагрузок, включая распределенные, временные, статические и динамические, в виде грузов – сосредоточенных, полосовых, распределенных на небольшой площади. Большепролетные покрытия находятся под действием только собственного веса, нагрузок от снега и ветра. К ним добавляются технологические нагрузки (от оборудования, подвесных потолков и т.п.), предварительное натяжение, а также монтажные нагрузки, вызывающие дополнительные усилия. При использовании в конструкции материалов с различными коэффициентами линейного

расширения необходимо учитывать температурные воздействия. Учет формы покрытия или высотного здания в плане обязателен, поскольку сильно влияет на результирующую ветровую нагрузку, а также на ее пульсационные усиления. Их величины также устанавливаются аэродинамическими исследованиями. Распределение снега и его накопление на больших площадях покрытия необходимо принимать с учетом статистических данных. Для большепролетных покрытий уменьшается вероятность сноса снега с покрытия. Поэтому расчетные климатические нагрузки следует принимать с увеличением в 1,5 раза, если сравнивать с нормативами для обычных сооружений. Часто большепролетные покрытия имеют относительно небольшую собственную массу и незначительную изгибную жесткость. В этом случае неравномерные снеговые и ветровые нагрузки могут вызвать большие деформации покрытия, что, как правило, приводит к потере местной устойчивости покрытия или к дефектам в кровле. Чтобы их предотвратить, применяются различные способы стабилизации покрытий. Точное знание величин и распределения климатических нагрузок, оптимальный выбор системы упрочнения покрытия позволяют с успехом решать эту задачу. Для висячих покрытий следует учитывать кинематические перемещения, абсолютные значения которых, в ряде случаев намного больше прогибов от статических нагрузок.

Возможное увеличение технологических нагрузок на покрытие при длительной эксплуатации зданий и сооружений, их реконструкции и модернизации обязательно должно быть учтено в общем своде нагрузок. Повышенный уровень ответственности таких зданий и сооружений требует применения соответствующего коэффициента надежности по ответственности. В ряде случаев он может быть больше установленного (1.2) для этого класса сооружений.

**Расчеты.** При расчетах уникальных большепролетных и высотных сооружений их следует рассматривать как единую пространственную систему, включающую основание, фундаменты, каркас, покрытие, учитывать продольные, изгибные и крутильные жесткости основных, а в ряде случаев и второстепенных элементов. Расчеты на статические и динамические воздействия на конструкцию и ее элементы при изготовлении и транспортировке – часть основной работы инженера-конструктора. Сопротивление «взрослеющей» конструкции различным воздействиям, то есть учет последовательности ее монтажа, требует особого внимания, поскольку отдельные элементы могут оказаться более загруженными при монтаже, чем под полной расчетной нагрузкой. То есть расчетом должна быть подтверждена надежность и пространственная устойчивость системы на всех этапах ее жизни.

Если в «Концептуальном проекте» в ходу приближенные (ручные) расчеты, дающие возможность инженеру-конструктору почувствовать «игру сил» в конструкции, и далее осознанно, предвидя результат, переходить к работе с компьютером, то на стадии «Проект» рассчитываются сечения основных элементов. Здесь уже всю пользуются компьютером. И расчетные параметры уже уточнены, согласованы и утверждены научным сопровождением. На этой стадии обычно соотносятся геометрические и жесткостные параметры элементов системы. Поэтому в «Проекте» рекомендуется переход от сложной к упрощенной схеме, с последующим ее усложнением, за счет последовательного присоединения новых элементов и исследования их влияния на работу конструкции в целом.

На стадии рабочего проектирования расчетная схема максимально приближается к несущему остову сооружения. Особое внимание следует уделять узлам, стараясь выполнять сопрягаемые элементы равнопрочными. Численные методы, ориентированные на широкое использование современной вычислительной техники с высоким быстродействием, большой памятью и развитой системой внешних устройств, способствуют успешному решению сложных задач. Их использование позволяет учесть различные виды загружений и воздействий, конструктивные особенности системы: геометрию поверхности, переменные толщины элементов, проемы и т.п. При этом в большинстве случаев применяют хорошо известные стандартные вычислительные комплексы. Для повышения надежности результатов расчеты рекомендуется считать с использованием различных программ и сопоставлять полученные данные. Расчет «в две руки» – один из приемов, снижающий вероятность ошибок (элемент внутреннего контроля).

Но использование компьютера, позволяющего оперировать огромными массивами чисел, имеет и обратную сторону. Молодые инженеры решают на компьютере все более сложные задачи без предварительного выполнения упрощенных расчетов для осознания «игры сил» в конструкции. В то же время такой подход, основанный на знании строительной механики, – залог безопасного взаимодействия инженера с компьютером.

Важнейший этап – составление расчетной схемы сооружения, представляющей идеализированную модель, максимально приближенную к натурной системе, надежность которой прочувствована уже в эскизном проекте и доказана на стадии «Проект».

Расчеты уникальных сооружений выполняются в нелинейной постановке. Их рекомендуется выполнять с учетом неупругих деформаций, деформаций усадки и ползучести бетона, приводящих к изменению геометрии системы при длительной эксплуатации. Кроме того, в железобетонных элементах следует учитывать образование трещин на участках, где они работают на внецентренное сжатие с большими эксцентриситетами, приводящее к местному снижению его изгибной жесткости. Так как большепролетные и высотные сооружения относятся к системам, в которых необходимо учитывать нелинейность, при их расчете неприменим принцип независимости действия сил и поэтому приходится последовательно, шаг за шагом загружать конструкцию и всякий раз учитывать изменение ее формы и способность измененной структуры воспринимать новую «порцию» нагрузок.

При расчетах следует учитывать статическую и динамическую реакции большепролетных и высотных сооружений на воздействия ветра, с учетом квазистатических и резонансных вкладов. Динамический расчет таких систем сложен ввиду их пространственной работы, геометрической и физической нелинейности, существенного влияния податливости основных элементов и т.д., но тем не менее необходим, поскольку существуют системы, устойчивость которых нельзя установить статическими расчетами, и только динамический метод может в таких случаях оказаться действенным.

Повышенная по сравнению с традиционными конструкциями легкость и деформативность большепролетных покрытий определяют их чувствительность к динамическим воздействиям. Следует отметить, что динамическую реакцию можно существенно снизить конструктивными мероприятиями, например, введением в систему дополнительных оттяжек или демпфирующих устройств.

Важный раздел расчета уникальных сооружений – проверка их общей и местной устойчивости, расчет и конструирование опорных устройств.

Вот этот короткий абзац требует развития. Начну с высказывания С.М. Скоробогатова, профессора Уральского университета путей сообщения: *«Можно изыскивать и перечислять много причин разного характера, приводящих к крушению инженерных сооружений. Среди этих причин мы хотели бы обратить внимание на инженерную некомпетентность, пренебрежение фундаментальными науками, /.../ наличие большого разрыва и между «чистой» наукой и инженерной практикой»*. И еще одно, очень важное. *«С разработкой новых конструкций, зданий и сооружений возникают более сложные расчетные схемы и **необходимость нового подхода к их проектированию**»*. В этих безусловно правильных словах я выделил последние, потому что они не только правильны, но и актуальны сегодня как никогда. Сложнейшие сооружения нынешнего времени, сочиненные нами и выпущенные на природу, становятся ее частью и живут уже по ее законам, несколько отличными от тех, что дали им путевку в жизнь. *«Каков бы ни был ответ природы – «да» или «нет» - он будет выражен на том же теоретическом языке, на котором был задан вопрос. Однако язык этот не остается неизменным, он претерпевает сложный процесс исторического развития, учитывающий прошлые ответы природы и отношения с другими теоретическими языками»* (И.Р.Пригожин). Проектируя уникальные сооружения по ныне действующим нормам, проектировщики говорят с природой **устаревающим** языком, а их самоуверенность, бесконечная вера в созданные далеко вчера нормативы, нехватка времени, провоцируемая организаторами строительства, и, наконец, просто лень, неизбежно приводят к авариям. Нынешние расчеты уникальных сооружений требуют учета времени, как важнейшего фактора, без которого невозможно поручиться за безопасность созданных объектов. Время не делает нас моложе, а

творения наших рук и ума – крепче. Накопление износа деталей, ползучесть и усталость основных строительных материалов – бетона и стали – усугубляют ошибки проектировщиков. Особенно опасными становятся здания, в которых расчетные схемы статически определимы, где нет связей, способных распределить и взять на себя дополнительные усилия при отказе одного или нескольких несущих элементов. Как учитывать время в расчетах сооружений, показано в работах Скоробогатова и Мельчакова.

Расчеты проектного риска и ресурса безопасности уникальных зданий и сооружений становятся важнейшими разделам проектов, но их пока никто не делает. Почему они так важны можно показать на примере проекта одного стадиона (опустим его имя).

Сначала изложу некоторые принципы конструирования.

**Первый.** Наименьшими затратами материала, труда и, следовательно, денег добиваться наибольших архитектурных результатов. Поэтому если Архитектура – есть художественная осмысленность рациональности, то рациональная конструкция – структура, обеспечивающая при минимально возможном расходе материалов надежную работу сооружения.

**Второй.** Чем меньше элементов составляют конструктивную систему, тем меньше вероятность отказа одного из них или, в худшем случае, нескольких, тем больше надежность сооружения.

**Третий.** Излишний материал в конструкции не добавляет ей надежности, более того, он тащит за собой кучу новых деталей, креплений, затрат на монтаже и прочее, повышая вероятность отказов и, конечно, стоимость.

**Четвертый.** Каждому диапазону пролетов или площади перекрываемого пространства соответствует свой класс рациональных большепролетных конструкций (так при пролетах более 150 м оправдано применение висячих покрытий).

**Пятый.** Каждый этап «взросления» конструкции должен быть проверен расчетом, потому что внутренние усилия в элементах структуры при монтаже могут сильно отличаться от тех, что следствие полной расчетной нагрузки.

**Шестой.** Форму покрытия определяет характерное сочетание нагрузок. Ошибочный выбор формы невозможно «вылечить» повышенным расходом материала. Неправильно выбранный и неверно распределенный в пространстве он во многом провоцирует будущие «болезни» здания в целом.

**Седьмой.** Общая пространственная устойчивость сооружения – важнейшая задача, которую, прежде всего, должен решить конструктор.

**Восьмой.** К каждому элементу конструкции, к каждой ее детали есть определенный набор требований, невыполнение которых снижает живучесть конструкции в целом. Учет проектных ошибок дает представление о проектном риске.

**Девятый.** Согласно Пановко и Губановой существуют конструктивные системы, устойчивость которых невозможно установить статическими расчетами. Только определение динамических характеристик сооружения дает такую возможность. Кинематический анализ конструктивной схемы – еще одна обязательная проверка ее неизменяемости. Покрытие трибун стадиона\* именно такая система, требующая и того, и другого.

Каждый из этих девяти в проекте стадиона\* нарушен.

Далее замечания по вышеназванным позициям.

1,5. Перекрывать пространство с генеральными размерами более 200 метров фермами – нонсенс. Приведенный в докладе авторов суммарный расход стали – 224 кг/кв. м занижен по крайней мере вдвое, потому что не учитывает затраты металла и бетона на поддерживающие конструкции (колонны, фундаменты, детали соединений и др.), без которых покрытие может существовать только лежа на земле. Следует добавить к сказанному, что и «мертвый» металл, необходимый для монтажных устройств (подмостей, расчалок, балок, стоек), также забыт. Он хоть не учитывается в общем расходе материалов, но в стоимость объекта входит обязательно.

Предположительно при использовании висячего покрытия можно было бы достичь расхода стали 140-150 кг/кв.м и бетона толщиной в 15-20 см, приведенного к кв.м. Для сравнения: расход металла на козырек стадиона «Пратер» в Вене – 2500 т (приблизительно –

70 кг/кв.м), в покрытии над трибунами Большой спортивной арены в Лужниках – 17000 т (примерно – 400-410 кв/кв.м). Почувствуйте разницу! Следует иметь в виду, что В.В. Ханджи в Лужниках построил пространственную конструкцию, не в пример его нынешним преемникам, которые хотят обойтись 200 кг/кв.м, проектируя плоскостные арки и фермы.

Следовательно, стоимость спартаковской «красоты» будет равна приблизительно (только стали) **3000 т** (по сравнению даже с представленным в экспертизу расходом, что ж тогда говорить о действительном, если сооружение будет осуществлено, перерасход в этом случае достигнет **10000 т**). Превратите эти тонны в конструкции, поставьте их рабочее положение, посчитайте деньги – и поймете, почему Наполеон так не любил архитекторов.

2,9. Принятая конструкция козырька над трибунами стадиона содержит бесчисленное количество деталей, узлов, соединений, каждое из которых оказывает влияние на живучесть сооружения. Авторы не хотят учиться даже на своих ошибках. Лопнувший всего лишь один соединительный «палец» в оттяжке (ледовый дворец в Крылатском) на много месяцев вывел из строя огромное сооружение. К счастью обошлось без жертв. В свое время при обсуждении этого проекта в Москапстрое и в МИСИ указывалось, что у дворца нулевая живучесть. Теперь, если обратить внимание на конструктивные элементы стадиона \*, с помощью которых обеспечивается пространственная устойчивость сооружения, на соединения, на невыполнение требований к узлам, то, определив проектный риск, получим результат значительно худший, чем можно было ожидать даже для ледового дворца.

3,4,5,7. Козырьки над трибунами из ферм, двухсотметровые арки, входящие в тело покрытия – эти решения нерациональны для большепролетных конструкций. Сделай мембранное или, в случае светопрозрачного козырька, вантовое покрытие, - и все становилось на место: у конструкторов не болела бы голова как обеспечить устойчивость сжатых несущих элементов покрытия, был бы в пределах разумного расход материалов, облик сооружения обрел бы лаконичный, не перенасыщенный лишними конструктивными элементами, вид. Можно сказать, что это дело архитектурного вкуса, но разве архитектура существует вне логики и экономики?

**О форме конструкций.** Если форма рационального покрытия диктуется нагрузкой, то абрис арки (изменение высоты сечения по длине) связан с характером закрепления на опорах. Двухпоясная арка с сближающимися поясами к опорам – типичный пример двухшарнирной серповидной конструкции: в середине пролета расстояние между поясами самое большое, а к опорам оно может быть сведено к минимуму. Так нарисованы арки в проекте. Но, к сожалению, в проекте нет цельной конструкции – каждый пояс не пояс, поскольку нет решетки между ними, а самостоятельные арки из трехметровых (!) в диаметре труб, жестко заделанные в опорные устои и потому воспринимающие огромные и разнообразные усилия в заделках. Зрительное восприятие «игры сил» в конструкции не соответствует действительной картине напряжений в конструктивной системе. И это сигнал, что она работает нерационально. Рисуя конструкцию, автор-архитектор, как ученик чародея, не понял какие силы, он вызвал к жизни, и потому не умеет ими управлять.

**О выборе конструкционного материала.** Материал для арок – электросварные трубы. Станный выбор. Сами по себе трубы неплохая вещь, но их соединения сложны, и, кроме всего прочего, внутренние полости после монтажа становятся недоступными для контроля. Трубы, как конструкция, выгодны, когда внутренние усилия распределяются по сечению равномерно. Поэтому для трубопроводов, центрально нагруженных колонн, для трехшарнирных арок, очерченных по кривой давления – они идеальны. А для конструкций, когда направление сил ярко выражено и постоянно, трубы в этом случае неэкономичны. И почему приняты электросварные трубы? Наверное, потому, что цельнотянутых диаметром 3м нет в сортаменте. Вообще электросварные трубы не для конструкций такого масштаба.

6. В проекте не сделан расчет изменяющейся конструкции после каждого этапа монтажа. Но и сам монтаж не описан. Автор проекта обязан представлять не только то, **чем** он хочет удивить мир, но и **как** это **что** осуществить.

8,10. Определение общей пространственной устойчивости – важнейший раздел расчетов сооружения. По словам авторов он был сделан, но как-то своеобразно. Совершенно очевидно, что только динамический расчет показал бы надежность конструкции, однако, картин-

ки тоновых колебаний не были показаны, а это было бы очень интересно: есть подозрение, что принятые в проекте опорные конструкции – качающиеся колонны, устои арок, их растяжки, особенно те, что заанкерены в землю и по мысли авторов должны обеспечивать устойчивость сооружения, как раз не дают желаемого эффекта, и колебания 1-го тона конструкции скорее будут вправо-влево, чем вниз-вверх, что характерно для правильно запроектированных большепролетных сооружений. А это значит, что в конструкции изначально заложен дефект. Обычно для сложных систем обязательен кинематический анализ расчетной схемы и, если бы он был сделан, то показал бы, что вся система изменяема.

Авторы защищают свои решения и утверждают, что опорные арки за счет наклона «в развал» обеспечат общую устойчивость сооружения. Все с точностью наоборот. Моряки, стоя на палубе, широко расставляют ноги, а не разводят в сторону руки. В проектом случае получаются два зеркальных центра вращения на продолжении осей арок – и при горизонтальных воздействиях в направлении перпендикулярном осям арок конструкция превращается в механизм. Тут уж никакой диск покрытия не поможет, каким бы жестким он ни был. Он, к нашему ужасу, но к своему удовольствию, ляжет на землю.

Текст, только что прочитанного абзаца, отражает кинематическую картину при шарнирных опорах серповидных арок, то есть он – следствие зрительного восприятия инженером сооружения. Но, как уже было сказано, авторы, разделив цельную конструкцию на части, уповают на жесткие заделки труб в устои. Но в жизни ничего абсолютного не бывает: под действием опорных усилий устои будут смещаться, поворачиваться (затяжек и распорок на уровне опор нет), и тогда уже следует их рассматривать как продолжение арок, заделанных в грунт, опорные устройства как несовершенные шарниры, а всю конструктивную систему, как близкую к изменяемым. Если вспомнить И.М. Рабиновича, то он писал, что от таких систем надо держаться подальше.

Особенно хотелось бы обратить внимание на первые от опор арок растяжки. Когда-то великий А.Н. Крылов сказал: *«Настоящий инженер должен верить своему глазу больше, чем любой формуле...»*. Так вот – «конструктивная мощь» этих растяжек визуальна несоизмерима с громадностью структуры, которую они призваны удерживать.

**О фундаментах.** Выбор арочных устоев в виде «стены в грунте» – нелучшее решение: «стена в грунте» в данном случае без соединяющих элементов – распорок и затяжек – будет плохо работать на восприятие опорных усилий в силу своей технологической природы, а уж при тех, что выпадет на ее долю при полной расчетной нагрузке, и говорить не приходится. Отказ от затяжек и распорок – вряд ли оправдан.

### **Выводы в целом по проекту**

1. Авторы, особенно это относится к архитекторам, любят тросы, но странно любовью: они применяют их везде, даже там, где не нужно, нарушая собственные установки: решили перекрыть «океан» плоскостными конструкциями, так уж будьте последовательны – применяйте не арки из труб, а серповидные фермы.

2. Специальные технические условия – сложный документ. В нем должно быть описаны требования ко всем разделам проекта: к изысканиям, к каждому элементу сооружения, вплоть до отдельных узлов и соединений конструкций, к инженерному оборудованию и т.д. Невыполнение любого из попавших в СТУ – вклад в рост риска. И в проекте стадиона \* он значителен. К описанным выше несуразностям следует добавить:

– неизвестно были ли выполнены предварительные геофизические изыскания. Именно они дают возможность оценить пригодность участка для строительства, правильно спланировать последующие геологические работы;

– наверняка, не была исследована кровля кристаллического фундамента, наличие разломов в нем, провоцирующих непредсказуемые и опасные воздействия на строения, находящиеся в их зоне;

– неизвестно были ли выполнены проектные работы по водорегулированию, сохранен ли в проекте естественный ток грунтовых вод;

– неизвестно были ли выявлены свойства грунтового основания: при сдвиге устоев, его характеристики при продольном сжатии – для каждого устоя отдельно;

– в расчетах не была учтена физическая и геометрическая нелинейность конструктивной системы.

Проектный риск определяется как обратная величина среднего значения – математического ожидания – случайной величины  $v$  (конструктивная надежность), численные значения которой находятся в пределах от 0 до 1.

Представляется, любое здание «в виде системы, состоящей из иерархически последовательно соединенных (возведенных)  $n$ -групп однотипных несущих конструкций. Принимается гипотеза, что человеческие ошибки, допущенные в одной из групп, не зависят от ошибок, допущенных в других группах. Такие модель и гипотеза позволяют для оценки уровня надежности  $v$  несущего каркаса объекта применить методы теории надежности. В результате:

$$v = \text{Пр}(M_p),$$

где  $\text{Пр}$  – произведение уровней надежности всех  $n$ -групп несущего каркаса объекта» [5, 6].

Проектный риск для проекта стадиона \* (в приближенном исчислении) будет равен:

$$R=1/MV=1/\Pi(MP)=1/0,945*0,945*0,595*0,25*0,50*0,355*0,707*0,707*0,841*0,841*0,797=1/0,00664=150,6.$$

Значения конструктивной надежности взяты из статьи Н. Никонова «Риск – благородное дело?» (Высотные здания №2 и №3, 2008), где оценка:

$V = 0,945$  – не был исследован кристаллический фундамент, подстилающий грунтовое основание; заказчик не представил заключение тектонистов, категории опасности –  $0,945^2$ ;

$0,669$  – нет решения по сохранению естественного водотока грунтовых вод;

$0,595$  – связевые конструкции недостаточны для жесткости сооружения,

$0,25$  – кинематический анализ расчетной схемы не выполнен; пространственная (общая) устойчивость сооружения не обеспечена;

$0,5$  – динамический расчет полностью не представлен в проекте;

категория опасности –  $0,5$  ( $0,25$ :  $0,5$ );

$0,355$  – опорные конструкции (арки, оттяжки) выбраны необоснованно;

$0,707$  – материал несущих конструкций выбран необоснованно;

$0,841$  – ответственные узлы не проверены на трещиностойкость;

$0,707$  – в расчетах не учтена физическая и геометрическая нелинейность конструктивной системы;

$0,841$  – расход материалов на покрытие превышает сложившийся к моменту анализа статистический уровень;

$0,797$  – необоснованный выбор конструкционного материала для покрытия.

Пороговые значения риска, определенные А.П.Мельчаковым:

$$R_n=2; R_{нд}=19; R_{пр}=83,$$

где  $R_n$  – нормальный (естественный) риск);

$R_{нд}$  – предельно-допустимый риск;

$R_{пр}$  – предельный риск.

Расчет проектного риска показывает, что дефекты проекта далеко отодвигают его от допустимого риска, ставя далеко за предельным. А это значит, что проектное решение чревато аварией. Время еще больше ухудшит физическое состояние сооружения, энтропия с каждым днем будет нарастать и фатальные неприятности станут неизбежными. Жизнь подтвердила этот вывод, по крайней мере, дважды.

Перечисленное показывает не только охват и глубину знаний, которыми должен обладать инженер-конструктор, но и меру его ответственности за безопасность сооружения. Отсюда необходимость **личностного лицензирования инженеров на право работать с уникальными объектами**. Я эту мысль не устаю высказывать, потому что нынешнее положение, когда авторы прикрыты ответственностью организации, где они работают, зачастую приводит к губительным ситуациям. И чем дальше, тем опаснее может становиться сегодняшняя ситуация. Ведь саморегулируемыми сообществами могут приглашаться по трудовым согла-

шениям лица для работы, на которые организация получила благословение. Укрепить уверенность в том, что она будет выполнена профессионально, может только **персональная лицензия**, подтверждающая высокий класс исполнителя.

**Научно-техническое сопровождение.** Проектирование уникальных большепролетных и высотных сооружений предполагает обязательное комплексное научно-техническое сопровождение, которое включает: упомянутые ранее продувки макета сооружения в аэродинамической трубе и разработку рекомендаций по определению снеговых и ветровых нагрузок; изготовление и исследование физической модели сооружения; в особо сложных случаях не исключается создание крупномасштабного прототипа сооружения, как это было сделано при проектировании Дворца спорта «Юбилейный» в Санкт-Петербурге (на такой натурной модели были испытаны не только несущие конструкции, но и отработаны монтажные операции). Научные бригады могут оказать существенную помощь при составлении и исследовании расчетной схемы сооружения, выполнении проверочных расчетов. Кроме того, научно-исследовательские и специализированные организации привлекаются к изготовлению и монтажу конструкций, разработке рекомендаций по обеспечению жизнеспособности сооружения в экстремальных ситуациях, к мониторингу основных несущих конструкций на стадии возведения и эксплуатации. Экспериментальные исследования на крупномасштабных моделях, прототипах и натуральных объектах, выполняются не только для выявления действительного напряженно-деформированного состояния сложных систем, но и для исследования таких сторон работы конструкций, которые трудно поддаются решению математическими методами.

Другая важная задача – подготовка рекомендаций по выбору рационального варианта конструктивной схемы, оптимальных геометрических соотношений и жесткостных параметров. Не все проектировщики сегодня могут охватить в сжатые сроки этот комплекс проблем и найти ему подобающее решение. Подключение научных институтов к проектированию как нельзя лучше отвечает этим задачам.

**Некоторые специальные вопросы проектирования.** При проектировании уникальных сооружений необходимо учитывать вероятность аварийных ситуаций.

*«Аварийная расчетная ситуация – это работа несущих конструкций в исключительных условиях (например, пожар, промышленный взрыв, авария оборудования, при малой вероятности проявления), которая приводит в большинстве случаев к тяжёлым последствиям, если не принимаются специальные меры» [2].*

Нормы РФ не регламентируют необходимость проверки несущих конструкций на живучесть. Эта ситуация непосредственно связана с предвидением отказа какого-либо элемента конструкции при проектировании. Естественно, возникают вопросы: какие элементы следует при расчетах исключить, в каком количестве, в какой последовательности, какие расчетные сочетания нагрузок принимать для этого случая? Ответы на них – в работе инженера-конструктора. Он должен иметь в виду, что каждому сооружению присуща вероятность разрушения. Попытка приблизить эту вероятность к нулю сопровождается стремлением стоимости сооружения к бесконечности. Повышенная надежность уникального сооружения и обеспечивающий ее перечень дополнительных мероприятий, должны быть обязательно оговорены в «Техническом задании на проектирование», утверждаемом заказчиком.

Вместе с этим обеспечить существование уникального большепролетного или высотного сооружения после отказа опорного контура висячих или выпуклых оболочек, несущих пилонов или колонн высотного здания, подвесок вантовых систем и т.п. - невозможно. Очевидно, что живучесть таких сложных систем должна достигаться в первую очередь необходимыми запасами несущей способности основных элементов конструкций, работающих на общую устойчивость сооружения, исключением лавинообразного обрушения системы вследствие отказа второстепенных элементов конструкции, узлов и деталей; а также комплексом антитеррористических организационных мероприятий, как это делается в авиационном транспорте и при охране мостов.

**О мониторинге.** Очень важный элемент строительства. Поскольку разговор о нем еще на слуху, нет нужды повторяться. Следует только сказать, что тщательная фиксация отклоне-

ний от проекта позволит судить об изменении «природного окружения» после вторжения в него уникального объекта. Идеально, если организаторами комплексного мониторинга станут страховые компании, а исполнителем – специализированная организация.

**Экспертиза проектов.** При существующем порядке государственная экспертиза выполняется только на стадии «Проект». Для уникальных сооружений справедлива и обязательна независимая экспертиза концептуального проекта и законченной рабочей документации перед ее сдачей в производство. Цель такой экспертизы – снизить вероятность фатальных ошибок.

Независимая (государственная) экспертиза не исключает проверку архитектурных и инженерных решений внутри проектной организации при подготовке архитектурно-технических или научно-технических советов. Последние следует проводить совместно научными институтами, которые ведут научное сопровождение и участвуют в мониторинге.

**Выводы и рекомендации.** 1. Статистические данные, информация об авариях уникальных объектов и опыт работы в экспертных комиссиях показывают, что в большинстве случаев катастрофические ситуации становятся результатом комплекса ошибок, в ряду которых первое место занимают просчеты проектировщиков.

2. Нарушение технологии проектирования, отсутствие четких формализованных регламентов, описывающих последовательный набор обязательных действий, плохая информированность основных действующих лиц об опыте проектирования родственных объектов, увлечение компьютерными расчетами без четкого представления работы конструкции провоцируют появление грубых ошибок в проектах.

3. В технических заданиях не фиксируется степень ответственности сооружения, не узаконены необходимость физического моделирования, научного сопровождения проектирования и строительства. Авторский надзор ведется формально, заказчик и эксплуатирующие службы не всегда привлекают научные бригады наблюдать за строительными конструкциями во время строительства и после сдачи объекта.

4. Сложные конструктивные системы рассматриваются без учета физической и геометрической нелинейности, в железобетонных элементах не принимается во внимание нарастающие прогибы от влияния длительной ползучести бетона.

5. Динамические характеристики сооружений не выявляются, хотя в ряде случаев только динамическими расчетами можно выявить недостатки выбранных расчетных схем.

6. Инженерные изыскания, как правило, недостаточны по объему и не соответствуют рангу возводимых уникальных объектов.

7. Указания авторов эксплуатирующим организациям не имеют места в отечественной проектной практике, хотя для уникальных зданий и сооружений они – неотъемлемая часть проекта.

Вышесказанное позволяет ориентировать проектировщиков при работе над уникальными объектами на необходимость:

- чтобы продуктами предпроектной деятельности обязательно стали: «Техническое задание на проектирование», «Специальные технические условия проектирования, изготовления конструкций и их монтажа», материалы геофизических, геодезических и геологических изысканий, «Бизнес-план строительного объекта»;

- чтобы проектирование велось в три стадии: эскизный проект (концептуальная стадия), «Проект» (выявление основных технико-экономических характеристик) и рабочее проектирование (выполнение чертежей, по которым будет возводиться сооружение, и расчеты на прочность, деформативность и устойчивость сооружения);

- чтобы в технических заданиях обязательно предусматривалось выполнение параллельных расчетов конструкций сторонними специалистами с использованием комплекса программ, не примененного авторами проекта;

- чтобы проводилась экспертиза не только «Проекта», но и концептуального проекта и рабочей (3-й) стадии, как это было предусмотрено еще в 1976-1979 гг. при разработке спортивных объектов Олимпиады-80;

- чтобы обязательным разделом в номенклатуре проектных работ стало научное сопровождение будущего объекта;
- чтобы было принято за правило: при разработке концептуального (эскизного) проекта использовать приближенные расчеты, дающие возможности конструктору понять «жизнь конструкции»;
- чтобы ход проектирования был формализован; контроль и приемка отдельных частей проекта, скрытых работ, изготовление конструкций строго расписаны;
- чтобы разработка проекта уникальных сооружений учитывала специальные факторы, такие как статическая и динамическая реакция сооружения на различные сочетания нагрузок и воздействий, включая монтажные; физическая и геометрическая нелинейность, запасы прочности материалов;
- чтобы расчет уникальных сооружений выполнялся для единой пространственной системы, включающей основание, фундаменты, каркас, большепролётное покрытие;
- чтобы инженерной общественностью было признано, что живучесть таких сложных систем должна достигаться в первую очередь необходимыми запасами несущей способности основных элементов конструкций; исключением лавинообразного обрушения системы, и, конечно, комплексом антитеррористических организационных мероприятий, что *«все неизвестное потенциально опасно»* всегда, и потому требует к себе особого отношения;
- чтобы повышенный уровень надежности уникального сооружения и обеспечивающий его перечень дополнительных мероприятий, был обязательно оговорен в «Техническом задании на проектирование».

#### Библиографический список

1. Никонов Н. Восемь лекций о профессии. – М.: Изд-во АСВ, 2005.
2. Еремеев А.П. Особенности проектирования уникальных большепролетных зданий и сооружений // Строительная механика и расчет сооружений, №1, 2005.
3. Еремеев А.П. Предотвращение лавинообразного (прогрессирующего) обрушения несущих конструкций уникальных большепролетных сооружений при аварийных воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений, №2, 2005.
4. Скоробогатов С. Принцип информационной энтропии в механике разрушения инженерных сооружений и горных пластов. – Екатеринбург, 2000.
5. Мельчаков А.П. Расчет и оценка риска аварии и безопасности ресурса строительных объектов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2006.
6. Мельчаков А.П. К теории прогнозирования аварий объектов строительства. – Челябинск: Вестник ЮУрГУ, 2000



# Техническое регулирование в строительстве

## ВПЕРЕД В БУДУЩЕЕ. НО С ЧЕМ ПОЙДЕМ? FORWARD TO THE FUTURE... WHAT'S IN THE LUGGAGE?

**Никонов Н.Н.**

Научный консультант ГУ Центр «Энлаком», г.  
Москва, доктор технических наук

**Nikonov N.N.**

Scientific consultant of The Center «Enlakom»,  
Moscow, doctor of engineering

### Аннотация

В статье критикуется Федеральный закон «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений», показываются его недостатки, непонимание авторами закона основополагающих положений теории сооружений, отмечается отсутствие в законе человеческого измерения, без которого любой директивный документ мёртв.

### Ключевые слова

Закон, системная ошибка, безопасность, человеческое измерение.

### Summary

The Federal law «Technical regulation On safety of buildings and constructions» is criticized in the article given; both its drawbacks and the authors' misunderstanding of the construction theory basic principles are shown. The main topic is pointed out: with human factor not taken into consideration any prescriptive document becomes just a paper. That is exactly the matter with this law.

### Keywords

Law, system error, safe, human measuring.

*«Мы сейчас в изобилии получаем контрастные картины великолепных технических и организационных достижений и совершенно неприемлемых, противоречащих здравому смыслу хозяйственных и организационных деяний».*

**В.А. Легасов**

**А**кадемик В.А. Легасов в известной статье «Из сегодня в завтра», посвященной проблемам безопасности, среди тревожных проблем отмечал «избыточное воздействие технократических тенденций, забвение лучших традиций и общечеловеческих ценностей». Выход в свет Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» показывает, что его тревога не была напрасной. А эпиграф как нельзя лучше передает словами настроение, которое складывается после внимательного прочтения этого документа.

Закон подписан, но и до его утверждения, и после в «Строительной газете» публиковались материалы, фиксирующие ошибки как редакционные, так и системные. «А Васька слушает, да ест». Кому-то очень нужно было отчитаться, пусть даже сырым продуктом: вот он, регламент, готов! Готов к чему? К обеспечению безопасности? К повышению ответственности проектировщиков, строителей, заказчиков и других действующих лиц отрасли? Готов как основание для роста их профессионализма, который сегодня все ниже и ниже?

Я раскрываю закон. Беру статью, например, 16-ю. «Требования к обеспечению механической безопасности здания или сооружения».

*«Выполнение требований механической безопасности в проектной документации здания или сооружения должно быть обосновано расчетами и иными способами, указанными в части 6 статьи 15 настоящего Федерального закона, подтверждающими, что:*

*– в процессе строительства и эксплуатации здания или сооружения его строительные конструкции и основание;*

– *не достигнуто предельного состояния по прочности и устойчивости при учитываемых в соответствии с частями 5 и 6 настоящей статьи;*  
– *вариантах одновременного действия нагрузок и воздействий»* (выделенный текст будет далее разобран. Н.Н.).

Нас переправляют к статье 15, часть 6. Вернемся к ней.

*«6. Соответствие проектных значений параметров и других проектных характеристик здания или сооружения требованиям безопасности, а также проектируемые мероприятия по обеспечению безопасности должны быть обоснованы ссылками на требования настоящего Федерального закона и ссылками на требования стандартов и свода правил, включенных в указанные в частях 1 и 7 статьи 6 настоящего Федерального закона перечни, или требования специальных технических условий.»*

Нас отсылают еще дальше – снова к статье 6. Не поленимся, пойдем туда, где уже были (прочувствуйте структуру изложения).

*«1. Правительство Российской Федерации утверждает перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований настоящего Федерального закона.*

*7. Национальным органом Российской Федерации по стандартизации в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании утверждается, опубликовывается в печатном издании Федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и размещается в информационной системе общего пользования в электронно-цифровой форме перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований настоящего Федерального закона».*

Уф, наконец, добрался до точки. В этом дремучем лесу сколько ненужных деревьев-слов! А есть ли смысл? Как можно на добровольной основе соблюдать обязательные требования по безопасности? Так что же все-таки утверждает национальный орган по стандартизации? Где эти перечни и где этот фантомный свод правил? Куда запропастился термин «норма»? В чем отличие нормы от правила? И есть ли разница между «проектными параметрами» и «проектными характеристиками»?

Разве не ясно, что норма – это мера, узаконенное установление, а «правило» – это предписание, порядок действий, руководство. Норма – число, а правило – технологический порядок.

Разве не понятно, что не бывает процессов строительства и эксплуатации, потому что они сами по себе процессы, поскольку процесс – это переход от одного состояния в другое, что характерно для протяженных во времени действий?!

Разве могут быть варианты одновременного действия нагрузок и воздействий, если они все сразу и в одно время?

Напряженно-деформированное состояние конструкций и основания не должно **превышать** нормативных пределов, которые, кстати, числа, а **достигать** их... Почему бы и нет? Ведь расчеты по предельным состояниям уже включают в себя коэффициенты запаса по материалам и грунтовым условиям, по нагрузкам и условиям работы. И как тогда экономить материалы в строительстве?

Или взять это определение нагрузки как механической силы, прилагаемой к строительной конструкции или к основанию! В теории сооружений есть статические и динамические нагрузки по существу, и сосредоточенные, распределённые, треугольные, полосовые и т.д. – по форме – других нет.

Таких несуразностей в техническом регламенте со статусом Федерального закона не счесть. О них, не уставая, писали я, В. Травуш, Ю. Назаров и Ю. Волков. Но кто нас слушал?

В большинстве параграфов регламента нет новой полезной информации, все давно всем известно. А вот чего нет в законе, а должно было быть обязательно, так это ужесточение требований к составу технических заданий, к специальным техническим условиям, к структуре проектов, к каждой их стадии. Именно с этих позиций должен начинаться технический

регламент по безопасности, а вовсе не с утверждений, что *«проектная документация здания или сооружения должна содержать пределы допустимых изменений параметров, характеризующих безопасность объектов и геологической среды в процессе (!) строительства и эксплуатации...»*. Если предел не получил численного выражения, какова тогда цена выше приведенного параграфа? И почему только геологической среды? А воздух, вода? Их чистота – наша безопасность.

И так по всему регламенту. Одни слова и те не впопад. И вот ими авторы регламента пытаются втолковать инженерам, что такое безопасность.

Несмотря на важность сказанного – оно все-таки не главное. Еще не системный промах. Главное совсем в другом.

Для кого писан закон?

Закон о техническом регламенте по безопасности, как и фундамент, на котором он должен быть выстроен, – теория сооружений и риска, их математический аппарат – *«создается для человека (выделено мной. Н.Н.), и человек должен быть в центре внимания.»* этого документа. Продолжаю цитировать Ю.Л. Воробьева, Г.Г. Малинецкого и Н. А. Махутова: *«Мало знать закономерности, предсказывать катастрофические события, создавать механизмы предупреждения бедствий. Надо добиться, чтобы это сработало, было понято людьми, ими востребовано»*. («Управление риском и устойчивое развитие».) Кажется, умри, – лучше не скажешь!

Ан нет! Сто с лишним лет тому назад Николай Васильевич Гоголь почти слово в слово написал в «Выбранных местах из переписки с друзьями»: *«дело ведь в применении, уменьши приложить данную мысль таким образом, чтоб она поселилась в нас. Указ, как бы он обдуман и определен ни был, есть не более как бланковый лист, если не будет снизу такого же чистого желания применить его к делу той именно стороной, какой нужно и какой следует»*.

Вот она первая системная ошибка авторов закона. Ими в свое время не были установлены рабочие связи с будущими исполнителями закона, а тех, кто снизу пытался дотянуться до авторов, не слышали и видеть не хотели. Но что еще важнее – нет в регламенте статей, касающихся непосредственного «производителя» всяких угроз для безопасности – человека. И все потому, что многие считают безопасность проблемой производственной. Но безопасность и качество носят мировоззренческий характер. Их основа – нравственность и ответственность.

Послушаем, что говорят хорошие люди.

*«Не требуется, однако, специальной математической теории, чтобы понять, что пренебрежение законами природы и общества (будь то закон тяготения, закон стоимости или необходимость обратной связи), падение компетентности специалистов и отсутствие личной ответственности за принимаемые решения приводят рано или поздно к катастрофе»*. (В.И. Арнольд).

*«В критических ситуациях факторами, упорядочивающими реальность, оказываются такие плохо поддающиеся формализации сущности, как мораль, нравственность, предшествующий опыт»*. (С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий).

*«Конструирование означает, что человек как субъект познания и деятельности берет на себя весь груз ответственности за получаемый результат. Нужно культивировать у каждого чувство ответственности за целое. Думать глобально, чтобы локально эффективно действовать!»* (Е.Н. Князева).

Когда-то я написал: «Если регламент не содержит описания прав, обязанностей и ответственности главных персонажей проектного дела и строительства, если в директивы не вписаны методы воспитания в работающем человеке такого отношения к труду, когда нарушение требований безопасности – табу, то эффективность таких приказных фолиантов – только видимость работы, пыль в глаза». Что же надо делать, чтобы уменьшить риск аварий, неполадок, дефектов и прочих не всегда предсказуемых ситуаций в проектировании и строительстве? Учить, требовать безусловного выполнения ограничительных условий, контролировать, наказывать за нарушения, поощрять за постоянную бездефектную работу. Есть такие уста-

новки в законе? Не ищите – там их нет. Ни одна статья не направлена на работу с человеком, на воспитание в людях нравственных категорий, исключающих всякую возможность плохо работать.

Формула Князевой – *«думай глобально, чтобы эффективно действовать локально»* – чрезвычайно важное положение. Для всех нас. Типичный пример локального мышления – этот безопасный для всех опасностей закон-регламент. Авторы не вышли за пределы давно известных схем, методик, инструкций.

В регламенте нет ничего, что могло бы представлять интерес для тех, кто действительно хочет снизить риски проектирования и строительства. Нет в нем **человеческого измерения** (термин Ю.Л. Воробьёва. Г.Г. Малинецкого и Н.А. Махутова). Зато есть механическое перечисление всех опасностей от всяких опасностей, а как защититься от непрофессионализма людей – таких установок нет.

Или другой характерный пример локального умовоззрения. Что есть самая главная задача для новой в строительной отрасли структуры – саморегулируемой организации? Руководитель одной из самых крупных СРО в стране в «Строительной газете» (№7, 2010) говорит: *«задача заключается не в том, чтобы плодить как можно больше СРО, а в том, чтобы не допустить к строительным работам случайных людей, проходимцев и посредников»*. С проходимцами все правильно – их место в другом месте. Посредники – порождение нашего времени, нам же и решать, как с ними бороться, СРО неплохо для этой борьбы вооружены. Но что делать с так называемыми «случайными людьми», которые хотят приобщиться к нашему делу? Не пущать? Так они все равно где-нибудь, не здесь, так там, найдут занятие и будут работать, как умеют, и станут пополнять ряды озлобленных (их же унизили, погнали!) необученных неумех, которых у нас и так хватает.

Что же есть главное для СРО? Государство перекладывает с себя на СРО заботу о безопасности, а безопасность – это все-таки нормирование, значит, стандарты организаций и есть то главное, что должно стоять на первом месте в списке задач. И показатели продукции, установленные стандартами организаций, должны быть выше общенациональных, побуждая СРО совершенствовать производство, обучать персонал, повышать его ответственность, прививать ростки нового отношения к труду, приучая к мысли: работать спустя рукава опасно, безнравственно и невыгодно. Поэтому лозунг на знамени СРО: учить и учиться, доверять и контролировать, наказывать за нарушения и поощрять за инициативный, бездефектный труд. Это и есть забота о будущем.

И в заключение о языке, которым написан закон. Приведенные в начале статьи выдержки из регламента говорят, что мы познакомились со специфическим этносом, у которого родной язык не русский, а канцелярит – мертвые слова, мертвый язык без настоящего и будущего.



# КАК СДЕЛАТЬ ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ О БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ДЕЙСТВЕННЫМ ДОКУМЕНТОМ?

## MAKING TECHNICAL REGULATION OPERANT

**Мельчаков А.П.**

Профессор ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», доктор технических наук, г. Челябинск, Советник ААСН

**Никонов Н.Н.**

Научный консультант ГУ Центр «Энлаком», г. Москва, доктор технических наук

**A.P. Melchakov**

Professor of The South Ural State University, doctor of engineering, Chelyabinsk.

**N.N. Nikonov**

Scientific consultant of The Center «Enlakom», Moscow, doctor of engineering

**Аннотация**

В статье показываются недостатки основных нормативных документов, прошедших через горнила Государственной Думы, и, тем не менее, мало что дающие отрасли; более того, наносящие ей ощутимый вред. Показано как надо подходить к разработке таких документов, а также сжатое содержание каждой группы документов.

**Ключевые слова**

Конструкционная безопасность, риск, авария, надежность, инвариантные значения риска.

**Summary**

The article deals with the drawbacks of basic construction guidelines. Adopted by the State Duma they are ineffective yet and sometimes even harmful to this industry sector. Both adequate approach to the documents of this kind and summaries for each document group is given.

**Key words**

Structural safety, risk, accident, reliability, invariant risk values.

«... бывает время, что даже вовсе не следует говорить о высоком и прекрасном, не показавши тут же ясно, как день, путей и дорог к нему для всякого. Последнее обстоятельство было мало и слабо развито во втором томе «Мертвых душ», а оно должно было быть едва ли не главное; а потому он и сожжен».

**Н.В. Гоголь «Выбранные места из переписки с друзьями».**

**Н**еплохо было бы, если бы авторы технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» хотя бы с сотой долей гоголевской ответственности отнеслись к своему детищу, прежде чем отправлять его в Думу. О безопасности написано много, а путей-то к ней нет, потому что не был выявлен главный источник всех опасностей в производстве.

Разработка документа, нормирующего конструкционную безопасность, требует ответа на несколько вопросов. Например, в чем отличие конструкционной безопасности от механической, провозглашенной в Законе «О техническом регулировании»? Может ли быть измерен риск аварии? Какие показатели его характеризуют? Какое состояние конструкций обеспечивает их безопасность? Кто главный носитель всевозможных опасностей для безопасности?

Конструкционная безопасность – четкий, емкий и правильно ориентированный термин. Он точно очерчивает главные элементы сооружения, от которых в первую очередь зависит его надежность. Он носит всеобъемлющий характер, охватывающий не только прочность,

жесткость и устойчивость несущих конструкций, но и их способность противостоять внешним воздействиям, не предусмотренным в проекте. Механическая же безопасность – определение неверное. Авторы закона связали его с прочностью, жесткостью и устойчивостью. Их логика понятна. Прародительница этого словосочетания – строительная механика. Именно эта научная дисциплина изучает «принципы и методы расчета сооружений на прочность, жесткость и устойчивость», то есть предмет ее интересов – объект, не находящийся в движении. Вообще-то механика – наука о движении тел. Теоретическая механика изучает движение тел, на которые воздействуют силы. Если рассматривать покой как частный случай движения, то, казалось бы, возможен такой термин, как «механическая безопасность». Но второе значение этого определения давно закрепилось в сознании людей, говорящих по-русски, как признак движения, и потому с ним надо обращаться осторожно. Его связь со строительной наукой приходит потом, вызывая поначалу недоумение. Соответственно более точное название нашей науки – теория сооружений. В ней до последнего времени существовали понятия, к примеру, – рациональность, безопасность, риск, – которые определялись только качественно, но теперь математический аппарат теории вероятности и его ответвлений (факторный анализ, теории надежности и риска) позволяет получить их количественные выражения. Это очень важно, потому что «*для того, чтобы человек воспринял хотя бы одну вещь, уже необходимо функционирование в нем числа*» (А.Ф. Лосев «Хаос и структура», М., Мысль, 1997, стр. 43).

Ответы можно получить, если обратиться к опыту специалистов-строителей. Некоторые из них считают, что полное исключение дефектов в строительных проектах невозможно. Производство, мол, единично, «изделие» невозможно отбраковать, и поэтому любой производитель принимает для себя ту степень дефектности, которая соответствует его представлению о безопасности. А основа этого представления сегодня – к сожалению, минимальные затраты.

В ближайшее время они могут стать определяющими в строительном производстве – ведь саморегулируемые организации уже получили право нормировать свою деятельность.

В нашем представлении безопасность производства и его продуктов – прерогатива государства. Представленный же в Госдуму проект технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» ни на один из только что заданных вопросов, к сожалению, ответов не дает, и потому федеральный или, по крайней мере, региональный документ, нормирующий конструкционную безопасность, должен быть отдельно разработан и утвержден.

Аварии объектов недвижимости, возведенных в последнее время, показали: безопасными их считать нельзя. Отсутствие качественной экспертизы проектов, ослабление надзора за строительством, падение компетентности специалистов на всех уровнях, волонтаризм в управлении, к примеру, назначение нереальных сроков, не укладывающихся ни в один регламент, – все плохо влияет на качество и, следовательно, на безопасность продукции.

Что же надо делать, чтобы снизить риск нежелательных ситуаций в проектировании и строительстве? Во-первых, установить от кого исходят неприятности, а уж затем, во-вторых, принимать меры, их блокирующие. Так от кого исходит опасность в производстве? Только от людей. Как уменьшить риск аварий, неполадок, дефектов и прочих не всегда предсказуемых ситуаций? Учить, требовать выполнения ограничительных условий, запрещать действия, чреватые опасностью, наказывать за нарушения. Однако ни в одном из предполагаемых нормативных документов, предложенных вниманию общественности, нет и упоминания о субъекте строительной деятельности.

Нет в Законе № 184 и в проектах регламентов положений об ответственности главного ответчика – человека – за надежность сооружений; нет установок, безусловно влияющих на рост его профессионализма, – а это должно было стать главной темой документов, посвященных безопасности.

Грубейшая ошибка – считать достижение безопасности в строительстве проблемой сугубо производственной. Если это было бы так, то бездефектное строительство могло бы стать явью уже завтра. Качество и безопасность – проблемы нравственные и, более того, мировоззренческие, когда императив: «Я работаю хорошо потому, что не могу иначе» становится

убеждением всех и каждого. Поэтому и проблема эта государственная, и решаться она сегодня должна «от принуждения к убеждению».

Чтобы принуждать, нужно знать предмет досконально, показывать не только качественную сторону безопасности, но и уметь оценивать ее количественно. В многочисленных проектах регламентов, и даже в том, что представлен в Думу, этого знания и умения нет.

Безопасность берет начало в проектировании, поэтому включение в состав проектов нового раздела «Определение проектного риска», в котором риск, а следовательно, и безопасность, получают количественное выражение, представляется нужной мерой. Но ведь и этот важный шаг ни в законе, ни в проекте регламента не предусмотрен.

Упуская главное, авторы регламентов тем не менее учат специалистов безопасности, нарушая при этом важную установку для разработчиков нормативов: не предписывать, как проектировать и строить, а устанавливать в первой своей части безусловные, то есть пороговые или граничные требования безопасности к проектированию и строительству, а во второй – предоставлять право выбора рационального и технически грамотного решения из нескольких возможных. Граница – допустимая мера, предел, число.

Когда в начале статьи задаются вопросы себе или воображаемому оппоненту, то, естественно, читатель ждет ответы на них. Он их получит, но раз упомянуты пороговые требования, то вот еще два вопроса. Что такое допустимый риск? Если риск – это мера опасности, то его можно вычислить, и, наверное, есть границы риска, которые нельзя переступить?

П. Еремеев в статье «Предотвращение лавинообразного (прогрессирующего) обрушения несущих конструкций уникальных большепролетных сооружений при аварийных воздействиях» («Строительная механика и расчет сооружений», №2, 2005) писал, «что каждому сооружению присуща вероятность разрушения. Попытка приблизить эту вероятность к нулю сопровождается стремлением стоимости сооружения к бесконечности. Повышенная надежность уникального сооружения и обеспечивающий ее перечень дополнительных мероприятий должны быть обязательно оговорены в «Техническом задании на проектирование», утверждаемом заказчиком. Признаем, что это высказывание справедливо.

Следовательно, речь можно вести только о риске допустимом, который И.И. Рыжкин определяет как «...оптимальный баланс между безопасностью и требованиями, которым должны удовлетворять продукция, процесс, услуга, а также такими факторами, как выгодность пользования, эффективность затрат и другие». Можно проще: «Допустимый риск – сохранение функции здания (сооружения) и жизни людей при повреждении объекта недвижимости». Академик В.А. Легасов использует несколько иное толкование этого термина: «максимально допустимый риск». В нем экономическая составляющая проявлена четче, но все равно все приведенные определения сводятся к одному: риск ограничивается безопасностью человека. Эта и есть нравственная составляющая безопасности или, по-другому, риска. Теперь можно перейти к его количественному значению. Без него «как без воды – и не туды, и не сюды».

Наш опыт позволяет утверждать: за величину риска аварии строительного объекта следует принять число, равное отношению фактической вероятности аварии объекта к ее теоретическому значению. В таком виде риск аварии поддается измерению.

Анализ аварий объектов недвижимости показывает, что человеческий фактор риска, связанный с организационными и техническими ошибками людей, отступлениями от заданных технологий изготовления и монтажа несущих конструкций, – доминирующая причина катастрофических обрушений зданий и сооружений. Эти ошибки не учитываются в нормах для расчета и конструирования, и потому требуется привлечение специальных знаний для того, чтобы обеспечить бездефектное проектирование и строительство. Чтобы двигаться дальше, следует сформулировать главные теоретические положения, которые позволят перейти от слов к числам.

1. Абсолютно безопасных зданий и сооружений не существует.
2. Теоретическая вероятность аварии закладывается в проект уже при его создании.
3. Фактическая вероятность аварии после осуществления проекта всегда выше теоретической, поскольку полностью исключить ошибки невозможно.

4. Отношение фактической и теоретической вероятностей служит показателем конструкционной безопасности объекта недвижимости.

5. В правильно запроектированном и построенном объекте риск аварии не должен превышать величины естественного (нормального) риска, вычисленного на неограниченном множестве объектов.

6. Существуют пороговые инвариантные значения риска аварии, при достижении которых строительный объект независимо от типа и размеров переходит в качественно иное физическое состояние: из безопасного в пред-аварийное, из предаварийного в аварийное или ветхо-аварийное (для эксплуатируемых зданий).

К факторам риска относятся любые воздействия, провоцирующие наступление аварийного состояния объекта. Расчет строительных конструкций по предельным состояниям учитывает некоторые факторы риска, прежде всего отклонения:

- нагрузок в худшую сторону вследствие их изменчивости (компенсация коэффициентами надежности по нагрузкам);
- характеристик материалов и грунтов от нормативных значений (компенсация коэффициентами надежности по материалам и грунту);
- принятой расчетной схемы от действительных условий работы грунтового основания, конструкций или ее элементов, а также изменения свойств материалов под влиянием климатических воздействий, их длительности или многократной повторяемости (компенсация коэффициентами надежности по условиям работы).

Таким образом, если расчет сооружения выполнен в полном соответствии с нормами, то это еще не значит, что риск аварии полностью исключен. Вне поля зрения остались ошибки людей как при проектировании, так и во время строительно-монтажных работ. Многочисленные аварии показывают, что эти неучтенные людские факторы — главные причины катастрофических обрушений. Ошибки людей возникают с большей частотой, чем отклонения прочности материалов или нагрузок от расчетных значений. Поэтому, понимая, что они неизбежны, важно уметь учитывать их влияние на надежность зданий и сооружений. Логико-вероятностный подход, положения теории вероятности, методы нечетких множеств дают возможность определить количественно конструкционную безопасность зданий и сооружений.

Сценарий строительной аварии в подавляющем большинстве случаев (~80%) представляет собой пересечение двух событий. Одно из них состоит в неожиданном проявлении природно-климатического или техногенного внешнего непроектного воздействия на объект, провоцирующего аварию; другое заключается в том, что при проектировании, возведении и эксплуатации объекта допущена совокупность человеческих ошибок, следствием которой стало превышение критического значения риска аварии. Отсюда следует, что регламентирование риска аварии зданий и сооружений с учетом человеческого фактора – объективная необходимость. Более того – регламент оценки риска аварии призван заполнить образовавшуюся в рыночных условиях чрезвычайно опасную нормативную «брешь».

Регламент, накладывающий ограничения на величину риска аварии объекта, должен стать обязательным, нормативным, призванным обеспечить конструкционную безопасность зданий и сооружений.

Область применения регламента включает в себя:

1. Декларирование конструкционной безопасности технически сложных и уникальных зданий и сооружений.
2. Инженерное сопровождение (мониторинг) строящихся ответственных объектов с одновременной сертификацией их соответствия величине риска аварии.
3. Тарификацию при рисковом, накопительном государственном, коммерческом и взаимном страховании (перестраховании) риска аварии строящихся и эксплуатируемых зданий и сооружений.
4. Оценку безопасного остаточного ресурса зданий и сооружений при принятии решения об их реконструкции, реставрации, капитальном ремонте, сносе, «размораживании», перепрофилировании и др., а также оценку стоимости объектов при операциях с недвижимостью (продажа, аренда, обмен, залог, долевое участие и др.).

Декларирование на стадии проекта состоит из двух операций – экспертизы проекта и подбора участников строительства, способных в совокупности обеспечить требуемую конструкционную безопасность объекта. При экспертизе проекта задача эксперта – выявить ошибки, обязать авторов проекта их устранить и оценить влияние этих ошибок на величину риска аварии, если бы они остались незамеченными. Таким образом, устанавливается квалификационное соответствие авторов проекта их творческим амбициям.

Выбор подрядных и субподрядных организаций должен зависеть от оценки предпроектного риска, который связывается с эффективностью системы качества, отвечающей стандарту ИСО 9001 и успешно «привитой» в этих организациях. Следует сказать, что разработанная авторами методика позволяет опять же количественно определять степень подготовленности подрядчика выполнить предлагаемую работу в соответствии с требованиями проекта.

### **Заметки для депутатов ГД**

Нормативный документ в форме инструкции под названием «Количественная оценка рисков проектирования и строительства для уникальных и сложных в инженерном отношении зданий», можно сказать, готов. База данных и расчетный алгоритм позволяют создать программный комплекс – инструмент первой необходимости для проектировщика, эксперта и специалиста мониторинга.

Не следует убеждать инженеров о важности безопасности словами, поскольку: *«Один из фундаментальных принципов современной науки состоит в том, что явление нельзя считать понятным до тех пор, пока оно не описано посредством количественных характеристик»* (Л. Заде).

Из текста статьи должно стать ясно: внимание к профессиональному росту производителя – человеку, его ответственность за качество продуктов или процессов, умение управлять риском – и есть основа безопасности. Без лишних слов.



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАКОНОТВОРЧЕСТВО

### EXPERIMENTAL LAWMAKING

**Никонов Н.Н.**

Научный консультант ГУ Центр «Энлаком»,  
г. Москва, доктор технических наук

**Nikonov N.N.**

Scientific consultant of The Center «Enlakom»,  
Moscow, doctor of engineering

#### **Аннотация**

*В статье автор сетует, что разработчики технических регламентов, других директивных документов пренебрегают информацией, идущей по каналам обратной связи. К чему это приводит, показано в статье.*

#### **Ключевые слова**

*Дума, концепция, ФЗ-№ 94, закон №218, профессиональная непригодность фирмы.*

#### **Summary**

*The author repines at the developers of technical regulations and other directive documents for being negligent about feedback. The article highlights the consequences of such a disdain.*

#### **Keywords**

*State Duma, conception, law №94, law №218, incompetence of a firm.*

«Эксперимент – пробное осуществление чего-то».

Словарь русского языка  
под редакцией А.П. Евгеньева.

**Ч**удны дела твои, Дума! Ещё не успеет придти в себя подзаконный народ, вникнуть в очередное творение законодателей, ещё кипит «наш разум возмущённый» от восприятия нелепостей, ошибок и невероятного «русского» языка, когда ещё с трудом понимаешь, почему отменяется одно нормативное положение и почему оно заменяется другим, как вслед «шедевр» в свет выходят поправки к нему, по объёму ничуть не меньшие, чем основной документ. Так было с 184-м законом «О техническом регулировании», так было и с 94-м законом от июля 2005 года «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд», когда законом №218 от 24 июля 2007 года он был откорректирован. Но был ещё и 53-й закон от 24 апреля 2007 с изменениями к тому же пресловутому 94-му. Бесконечные поправки к только что выпущенным документам наводят на мысль, что вся работа над важнейшими государственными актами велась и ведётся без представления предмета в целом, и это легко выявить, читая законы о техническом регулировании и регламенте о безопасности зданий и сооружений.

Как же следовало бы действовать, и что должно было получиться в итоге, «если бы директором был я»?

#### **Часть первая**

С чего начинается любая работа? С анализа документов, нормирующих техническую деятельность. С понимания, что за последние два десятилетия изменился не только хозяйственный уклад в стране, но и нравственные ориентиры общества стали другими. Когда в угоду прибыли, сиюминутному обогащению сводятся на нет безопасность производства, его развитие, освоение новых технологий и техники, когда падение профессионализма во всех отраслях стало очевидным, когда ни одним нормативным актом не узаконилась персональная ответственность лиц, принимающих решения, вот тогда неизбежно должна возникнуть идея ужесточения норм, акцентирования мер безопасности. Другая же их составляющая – поддержка предпринимательства, ограничение вмешательства государства в его дела – требует совершенно нового значения добровольности. Многие поняли добровольность как вседозволенность, а это лишь **право выбора одного, наиболее приемлемого решения, из числа многих, предложенных сводом правил.** Поэтому и возникла необходимость пересмотреть

СНиП и ГОСТ – главные нормативные документы строительной отрасли, – сделать их звучными требованиями времени.

Их анализ позволяет поставить цель – **превратить проектирование и строительство в наукоемкие и безопасные производства.**

Цель порождает задачи. Если цель одна, то задач может быть много. Вот некоторые из них:

- выработать представление об архитектонике норм, разработать их структуру, представить содержание каждого документа, без чего вообще нельзя начинать действовать;
- создать орган, координирующий разработку норм, выявить организации, способные принять участие в их создании, подготовить сетевой график;
- организовать курсы повышения квалификации для участников-разработчиков, привлечь к обучению руководящих работников проектных и строительных организаций, служб заказчиков, государственного надзора;
- восстановить с участием саморегулируемых организаций (СРО) систему профессионального среднего образования в отрасли;
- сделать обязательным и постоянным повышение квалификации работников производства и управления;
- установить персональную ответственность лиц, принимающих решения; разработать Кодекс чести профессиональных строителей;
- создать условия для качественной работы в проектных и производственных организациях, гарантирующей безопасность продуктов, услуг и т.п.;
- обеспечить выполнение требований нормативов, направленных на энергосбережение, защиту окружающей среды, освоение достижений научно-технического прогресса.
- Чтобы решить задачи и достичь цели, необходимо располагать средствами решения.

И их можно назвать:

- курс на постоянное повышение квалификации на всех уровнях управления и производства;
- мониторинг производственной и управленческой деятельности;
- Кодекс чести профессиональных строителей;
- перечень прав, обязанностей и ответственностей всех без исключения лиц – участников инвестиционных проектов;
- система поощрений за бездефектный труд, создание и освоение новшеств, но санкций за брак и безынициативность.

Не понимая принципов, на которых должен основываться закон о техническом регулировании в строительной отрасли, нельзя двигаться дальше. Главный из них: **принцип достоверности или надёжности, на котором должны быть построены все требования безопасности и решения, предлагаемые на выбор.**

И, наконец, заключать анализ должны выкладки, доказывающие социальный и технико-экономический эффект от применения закона и последующих подзаконных актов. Всё вместе – есть **Основные положения или Концепция Федерального закона «О техническом регулировании»**. Был такой документ разработан до 2002 года? Если и был, то мало кто его видел.

### **Какие же положения должен содержать сам закон?**

**Закон о техническом регулировании** в народном хозяйстве страны содержит требования к отраслевым законам о техническом регулировании; устанавливает и разделяет добровольную и обязательную основу требований к продукции, производству, эксплуатации; хранению, перевозке и утилизации продуктов строительного производства; способствует развитию национальной экономики, научно-технического прогресса.

В Законе особо подчеркивается, что безопасность продукции, производства и эксплуатации – неотъемлемая и важнейшая черта их качества, то есть функционального предназначения.

Закон утверждает порядок разработки, экспертизы, принятия, изменения и отмены лю-

бого нормативного акта.

Закон устанавливает цели стандартизации, особо выделяя условия, при которых государственные стандарты будут способствовать:

- безопасности жизни или здоровья граждан,
- сохранности имущества, продукции;
- безошибочности производственных процессов;
- научно-техническому прогрессу, энергосбережению и т.д. и т.п.

Закон особо подчеркивает, что свод подзаконных документов, включая сохраняемые из ныне действующих нормативов, в целом должен обеспечить безопасное функционирование народного хозяйства страны; устанавливает право разрабатывать нормативные документы профессионально подготовленным лицам, группам специалистов, научным, проектным и производственным организациям, в том числе и СРО; допускает добровольную стандартизацию и, наряду с ней, фиксирует продукцию, процессы, эксплуатацию, хранение и перевозку продуктов, для которой она должна быть обязательной; перечисляет документы в области стандартизации, характер их разработки, прохождения экспертизы и утверждения; устанавливает организации, допущенные к работе в области стандартизации, утверждает принципы соответствия продукции, производства, эксплуатации и т.д., разделяет добровольное и обязательное подтверждение соответствия. Те же принципы устанавливаются для сертификации.

Следующий в иерархии документ – **Законы о техническом регулировании в строительстве и других отраслях народного хозяйства**. Он необходим для того, чтобы внятно представить свод отраслевых нормативных документов, показать области применения каждого документа, которые невозможно описать в общем документе.

**Закон о техническом регулировании в строительстве:** определяет правовые отношения между инвесторами, застройщиками, техническими заказчиками, проектировщиками, строителями, органами государственного надзора, страховыми компаниями; устанавливает содержание технических регламентов, определяет их структуры, полноту, границы действия; расписывает термины и понятия; утверждает новую структуру проектов, включение в них новых разделов, предписывает, для каких объектов они обязательны; определяет порядок взаимодействия генподрядчика с субподрядными организациями, а также с надзорными органами; сохраняет в действии выделенные СНиП, руководства и пособия, утверждает границы их необходимой корректировки; предопределяет порядок сдачи в эксплуатацию зданий и сооружений, гарантийные сроки для ликвидации проявившихся дефектов; обязывает вести мониторинг за физическим состоянием основных несущих конструкций в специально оговоренных с заказчиком (инвестором) случаях; устанавливает требования к безопасности зданий и сооружений различных типов по классификации риска и обязывает показывать их в технических заданиях на проектирование.

Закон объясняет риск как меру угрозы, связывает, таким образом, риск с вероятностью причинения урона жизни людей, имуществу, зданиям и сооружениям; определяет максимально допустимый риск (формулировка В.А. Легасова) как урон зданию, сооружению или имуществу без угрозы жизни людей.

Закон устанавливает специальные меры, препятствующие лавинообразному (прогрессирующему) обрушению зданий и сооружений; приводит коэффициенты условий работы для нагрузок и воздействий, конструкций, материалов при расчетах; обязывает предпринимать необходимые организационные меры против террористических актов.

Следующий важнейший подзаконный документ – **структура отраслевых нормативных актов**, Этот документ позволяет выявить предстоящий объем работы, реальные сроки и затраты, необходимые для осуществления полного свода нормативных документов о строительстве.

Если бы авторы закона поработали над структурой, то бы поняли, что за первые пять лет, то есть до 2010 года, можно было выполнить только основные структурные элементы, и то, если работать всерьёз. Без этого углубления в тему разработка технических регламентов носит беспланный характер. Не зря технический регламент о безопасности зданий и сооружений увидел свет только в конце 2009 года в редакции, делающей его совершенно безопас-

ным для всех опасностей, возникающих при проектировании и строительстве.

Структурной схеме сопутствуют **Общие положения** системы нормативных документов строительстве или привычнее: «**Общий технический регламент**». В нём подчеркивается особая роль проектирования и строительства в развитии экономики страны, в фондообразовании для промышленности и коммунального хозяйства; подчёркивается безусловное выполнение требований безопасности, технологических регламентов, устанавливаются меры ответственности за их нарушение и, вместе с этим поощряется поиск и применение новшеств.

В регламенте:

- подчёркивается значение экспериментального проектирования и строительства, устанавливаются характеристики эксперимента и льготы для его участников;
- выделяются из общей массы зданий и сооружений уникальные, то есть единственные в своем роде, показывается их специфика;
- утверждаются образцы актов скрытых работ, журналов авторского и технического надзоров, мониторинга и журнала подрядных работ, порядок их ведения и систематической проверки;
- формируются требования к техническим и градостроительным заданиям, специальным техническим условиям, определяется их структура и полнота;
- предопределяется мониторинг строительства экспериментальных (уникальных) зданий.

Особо отмечается, что специфика такой отрасли, как строительство, не вписывается в общий регламент, как бы ни хотелось её туда втиснуть. Поэтому в структуре должны быть предусмотрены видовые нормативные макродокументы, специальные видовые регламенты и технические регламенты для компонентов видовых систем.

**Видовые нормативные макродокументы** охватывают требования: к зданиям и сооружениям, строительным материалам, к предпроектной деятельности, подготовке нормативных актов, к строительным конструкциям, к благоустройству территорий, к подготовке документов для проектирования и строительства уникальных объектов, к планировке и застройке территорий, к определению геофизических и гидрогеологических характеристик участков строительства, к эксплуатации объектов недвижимости и территорий, к ним прилегающих, к инженерным сетям и внутреннему оборудованию, к подземному строительству и комплексному капитальному ремонту.

**Специальные видовые нормативные документы** содержат в первой части требования **безопасности** или **пороговые значения** прочности, деформативности, устойчивости и долговечности для зданий, сооружений, строительных конструкций, материалов, оборудования. В второй предлагаются на выбор несколько рациональных технических решений к каждому требованию первого раздела – в этом заключён смысл **добровольности – выбор и ответственность за него**; и, наконец, в третьей части приводятся теоретические обоснования параграфов двух первых частей в виде прямых доказательств или ссылок на действующие нормы, учебники, монографии. В свернутом виде: **1-я часть – безопасность, 2-я – добровольность, 3-я – теория двух первых.**

**Технические регламенты для компонентов видовых систем** не дублируют, а детализируют видовые документы. Мостовые шарниры, подконструкции фасадных систем, опорные анкеры, соединительные «пальцы» и другие элементы строительных конструкций требуют особого к себе отношения: «дьявол в деталях». За примерами ходить далеко не надо – авария на ледовом дворце в Крылатском.

Вот теперь полный свод нормативных документов для строительства перед нашими глазами. Представьте его в виде иерархической схемы – и «театр оперативных действий» готов. А что «хозяин выдаёт нам за еду?». Что может узреть общественность в словах: «С тех пор прогресс, что называется, «налицо»: мы создали 8 советов, изменили статус стандартов, в том числе – в поддержку технических регламентов, а также в 6 раз увеличили количество разрабатываемых стандартов, и сейчас вышли на уровень 1167 документов, которые в 2009 году были утверждены», (С.В. Пугачёв, «Строительный эксперт, №05-06, 2010). А сколько документов всего? И сколько ещё нужно создать советов?

### Вывод к первой части

Хорошо, когда читатель понимает логику автора. Если это случилось, то он должен осознать, что невозможно одним документом описать и небеса, и землю, «врубиться» в специфические детали всех отраслей. Почему надо доходить до мелочей? По очень простой причине: «...враг вступает в город, пленных не щадя, потому что в кузнице не было гвоздя».

Документ высшего порядка не только декларирует общие установки, но и прописывает требования к нормативным актам низшего уровня. Так вырисовывается архитектура нормативной системы, становится понятным замысел автора, раскрывается содержание каждого документа, вырисовываются взаимосвязи внутри системы. Число как основа нормативов получает право на жизнь и выявляет пределы безопасности в каждом параграфе норм. Такова логика нормотворчества. Есть ли она в законе ФЗ-184 «О техническом регулировании»?

### Часть вторая

Теперь можно поговорить о том, как делаются другие подзаконные акты. Подход к их рождению – сочиним, а там посмотрим, что получилось, надо будет – исправим.

В 1993 году два Госкомитета (по строительству и по управлению имуществом) выпустили совместный приказ об утверждении положения о подрядных торгах, где совершенно четко была прописана процедура предварительной квалификации участников торгов. Его готовили и подписывали знающие люди. Но в 1994 году Федеральный закон №94 от 21.07.2005 года её отменяет.

Вот реакция ответственных пользователей закона.

**А.В. Осипов**, начальник отдела подрядных торгов и государственных контрактов Управления строительных программ Росстроя, материал из Строительной Газеты, 10.072006: «...мы лишены возможности оценить самого подрядчика, его способности справиться с данным подрядом, его материально-технический и кадровый потенциал. Закон этого не позволяет, к сожалению. Обязанность заказчика – в десятидневный срок выяснять у третьих лиц соответствие участников конкурса установленным требованиям. Это проблема для добросовестного заказчика и прямой доступ в государственные закупки для любых мошенников, ... мы не можем оценивать квалификацию претендента. Закон в этом смысле всех уравнивает. То есть фактически подрядчиком может стать любой, даже сомнительный претендент... Правда, мы пытаемся решать эту проблему с помощью критерия качества. Но работать с этим показателем довольно сложно. (Выделено мной – Н.Н.). Качество трудно оценить в рамках нового законодательства. Тем более в те сжатые сроки, которые предписаны новым законом: нам дается 10 дней на рассмотрение заявок (то есть, соответствуют ли они условиям конкурса) и 10 дней на определение победителя. За это время физически невозможно направить куда-то запросы и получить ответ. А ведь качество выполнения подрядных работ зависит от уровня квалификации рабочих по основным профессиям и специальностям, инженерно-технического персонала в составе административно-управленческого аппарата, технического уровня машин, механизмов, технологических процессов, средств контроля качества работ и услуг и степени оснащённости подрядчика этими средствами».

Интересный вопрос – почему у третьих лиц соответствие участников конкурса выяснять можно, а у них, самих – ни-ни? У организаторов торгов в этом случае должен быть штат экономической разведки, не так ли?

**Д.Ф. Попов**, первый заместитель начальника управления ОГУ «Управления капитального строительства Липецкой области», материал из новостей, «Подрядные торги», 17.11.2009. Журналист А. Морозова спрашивает у Попова, какие вопросы он считает необходимым обсудить на рабочей группе «Подрядные торги». Ответ: «Ужесточить квалификационные требования к подрядным организациям! Это как раз то, что ФЗ - № 94 упускает из вида. Еще раз повторяю, отказ от квалифицированного участника и от реальной конкуренции в пользу мнимой — между неквалифицированными участниками, не имеющими ресурсов, соответствующего опыта и репутации – считаем ошибочным. В свою очередь мы предлагаем восстановить утраченные с 2006 г. реальные квалификационные требования к участникам размещения заказов».

В этой цитате странно только одно – время! На дворе 2009 год, два года назад вышел закон №218, а в Липецке о нём не знают. А что интересного в этом законе? А то, что **«законом предполагается распространить применение критерия квалификации на все виды работ и услуг без ограничений, при этом на сложные виды работ и услуг в законе определена наиболее высокая значимость данного критерия. Данная поправка - это шаг навстречу многим заказчикам, которые сетовали на трудности отбора исполнителей по работам и услугам, требования, к качеству которых сложно описать в конкурсной документации. Одновременно Законом определен предельный вес данного критерия во избежание злоупотреблений при оценке заявок участников конкурсов».** (Из материалов аудиторской палаты России).

Ну хорошо, Липецк далеко, улита везла закон, могла и заблудиться, но Центр подрядных торгов в Москве, и в мае 2009-го (!?) готовит тезисы для парламентских слушаний на тему изменений ФЗ-№94, а из них можно узреть, что **«серьезные опасения вызывает отсутствие при проведении аукционов на подрядные работы с начальной ценой до 50 млн. рублей требования к квалификации строителей. Данная ситуация уничтожает какую-либо мотивацию строительных компаний повышать уровень квалификации персонала, вкладываться в развитие современных технологий, приобретать новейшее оборудование, а в результате совершенствовать свою материально-техническую базу. Подрядчики вынуждены (ради снижения стоимости работ) привлекать низко квалифицированный персонал из стран ближнего зарубежья, использовать материал заведомо низкого качества, использовать в своих интересах ошибки, допущенные заказчиком при формировании технического задания. Результат данной нормы закона мы увидим только через некоторое время при эксплуатации построенных сегодня объектов. При этом, ни о каком развитии строительной отрасли речь не идет. Вместе с тем, отдавать заказчикам возможность устанавливать требования к квалификации – породить новый виток сговора и коррупции. Практический опыт подсказывает, что для эффективной работы действующего порядка размещения государственного и муниципального заказа требуется гораздо более глубокая доработка как 94-ФЗ, так и иных законодательных актов РФ, оказывающих существенное влияние на размещение заказа. Закону нужна не только техническая корректура, которой увлеклись в последнее время.**

В том числе: для 94-ФЗ - **«Установление единых минимальных** (выделено мной. Н.Н.) **квалификационных требований к участникам торгов: наличие материально-технической базы, квалификация специалистов, наличие системы контроля качества и т.п.».**

Почему минимальных? Ведь это касается качества и безопасности. Опять деньги – главное? (Выделено мной – Н.Н.).

Но самое смешное в том, что 218-й вышел в 2007 году!! И вот незадача: предквалификационная оценка уже была восстановлена! Аудиторская палата 27 августа 2007 года известила о ней всех, кому она была нужна позарез.

Подобное в нормальной инженерной практике трудно представить, но депутатская работа – вот она такая! Экспериментальная!

### Вывод ко второй части

Очень важно перед тем, как начать работу, установить, хотя бы для себя: что же главное в том, что я хочу сделать? В нашем случае деньги или безопасность, прибыль или качество? Если понимать, что качество и безопасность обеспечат авторитет в среде инвесторов, и потому прибыль получится не только в настоящем, но и в будущем, то тогда неприемлем принцип: деньги сейчас, а **«после нас – хоть потоп!».**

Автор долго размышлял, почему ответственные люди, обсуждая 94-й закон, забыли о 218-м? Неужели, действительно, виновата улита? Неразгаданная загадка тревожила автора и после выхода статьи в свет. Пришлось ещё раз погрузиться в закон №218. Повторенье – мать ученья!

Вот она характерная деталь в 218-м законе: **«На аукцион на размещение госзаказа свыше 50 млн. рублей будут допускаться строительные компании, которые в течение последних пяти лет построили объекты стоимостью не меньше чем 20% от той стоимости, на которую они претендуют».** Несмотря на некоторые послабления для неценовых

показателей, при аукционных торгах всё-таки главный критерий – **цена**. Когда совсем не цена определяет конечный продукт. Заказчику нужно качество, то есть сооружение с требуемой функцией, выполненное в оговоренный срок и работоспособное в нормативном периоде. Кто обеспечивает провозглашённое качество? Только человек. Следовательно, аукционы – соревнования людей, способных воплотить идею (проект) в жизнь **качественно** и соответственно **безопасно**. А деньги вторичны, потому что **качество** и **безопасность** дороже денег. Так, во всяком случае, должно быть.

Чтобы добиться нужного качества, об участниках аукциона надо знать многое. Главное – способен ли он дать нужное качество? Но какое знание о подрядчике даёт **официально разрешённая предквалификационная оценка**? По мнению Михаила Евраева, начальника управления Федеральной антимонопольной службы, «... *объективный критерий отбора*», главное мерило квалификации подрядчика – деньги! (Смотри цитату из закона, приведённую выше). Но деньги, как бы с ними не упражняться, ничего не скажут об опыте подрядчиков в строительстве сооружений, подобных, выставленному на аукцион. В то же время аукцион всегда победа или провал, *критическая ситуация, когда, по словам С. П. Курдюмова и Г. Г. Малинецкого, на первый план выходят мораль, нравственность, предшествующий опыт*».

Мораль в приложении к подрядчику – это чистота методов, которыми он достигает цели, а нравственность – это ответственность за принимаемые решения каждым работником фирмы. **И мораль, и ответственность легко прослеживаются при анализе производственного опыта конкурента**. Нужно о нём знать заказчику или он должен, расшифровывая ценовые показатели, дополнять их сведениями, полученными от собственной экономической разведки?

То, что творчество не поддаётся полной формализации и его невозможно выразить только ценой, признаёт даже Михаил Евраев, главный теоретик электронных торгов. Правда, в творческом начале он почему-то строительству отказал. Не зря неценовые показатели для строек, не попавшие в разряд экспериментальных, «вешают» всего **20%**. Видно, посчитал, раз строитель работает по проекту, сочинённому творческой личностью, значит он ремесленник. Но Рихтер играл по нотам Бетховена, осмелится кто-нибудь не назвать его творцом? Ремесло превращается в творчество, когда в предмет труда вкладывается душа, когда он очеловечивается. Следует вслушаться в слово «**строить**». Оно состоит из трех глаголов: «**замыслить**» (проект), «**осуществить**» (возвести), «**одухотворить**». Строительство, безусловно, творческий процесс для многих строителей. Могли они предполагать столь странное отношение к своей деятельности?

Вот такой этот закон №218! Вроде конфетка, а развернёшь – совсем не то.

### Часть третья

После всего ранее сказанного хотелось бы обратить внимание на ещё одну фразу из 218-го закона: «**Одновременно Законом определен предельный вес данного критерия во избежание злоупотреблений при оценке заявок участников конкурсов**». Когда вникнешь в весовые характеристики критериев, поймёшь, что главным из них остаётся цена контракта, а не качество, и соответственно безопасность, конечного продукта. Понятно, деньги это очень важно, но зачем тогда вся суэта вокруг технических регламентов и безопасности?

И здесь следует напомнить тем, кто занимается директивными документами – нельзя авторам работать без обратных связей с исполнителями этих документов. Если бы они были установлены сразу и включили бы в работу проектировщиков и строителей, наиболее заинтересованных в действенных нормативах, то только что продемонстрированные законодательные эксперименты никогда не были бы начаты.

Опять возвращаюсь к сильнейшей стороне **числа**: без проникновения в его смысл нельзя вообще ничего понять в окружающих нас вещах и явлениях. Поэтому так несостоятелен технический регламент о безопасности зданий и сооружений, поэтому всякие методики, построенные на словесных извержениях, не раскрывают инобытийность числа, его значения в реальной жизни, и потому бессмысленны.

Если бы сущность числа была бы понята там, где теперь «пекутся» строительные

нормативы, то никто и никогда бы не взялся оценивать победителей подрядных торгов по накопительной балльной методике, которая математически совершенно примитивна. Почему? Потому что вне оценки остается риск отобрать для конкурсных работ неподготовленного подрядчика, а профессиональная значимость строительной фирмы хотя и оценивается по сумме баллов, но пороговые значения этой значимости (границы) не выявляются. Очень важно, чтобы численные выражения этих границ были бы инвариантны, то есть постоянны, и не зависели от взглядов председателей тендерных комиссий, руководителей строительного комплекса и т.д. Тогда эксперт, ориентируясь только на свой опыт и математические выкладки, сможет представить в тендерную комиссию данные, по которым фирма или потеряет право участвовать в конкурсе, или, напротив, останется в числе соискателей.

Конечно, арифметика балльной оценки проста и потому привлекательна, но это как раз тот случай, когда простота хуже воровства. Тем не менее, какие бы сложные разделы математики ни привлекались к определению квалификации подрядчика, главное, всё-таки – сделать методику доступной для использования рядовыми экспертами. Поэтому математические трудности должны заботить лишь разработчиков методики, а пользователям должен быть предоставлен предельно простой инструмент. Но за этой простотой понимание, что всему сущему свойственна потеря качественных свойств, деградация или энтропия. Знать её меру – значит уметь ей противостоять.. Конструкционная безопасность сооружений как результат деятельности многих людей сопровождается ошибками, учёт их влияния на надёжность объектов строительства необходим. Но ошибки свойственны и таким системам, содержание которых, казалось бы, невозможно выразить числом. Любая созидательная деятельность человека требует количественной оценки. В экономике, политике, праве и других гуманитарных дисциплинах результаты выражаются словами, но они не всегда доказательны. Перейти к количественным характеристикам возможно, но только применив положения теорий вероятности, риска и нечёткой логики.

Бесспорно, любое проявление человеческой деятельности, не согласующееся с общепринятыми нормами, – зародыш аварии, которая вначале носит виртуальный характер, а затем неизбежно становится реальной. Следовательно, возможен единый подход к определению количественных характеристик энтропии для различных событий, как бы ни казалось, что они далеко отстоят друг от друга. Поэтому определение риска аварий для строительных объектов можно адаптировать к определению профессиональной состоятельности строительных фирм. Здесь нужно небольшое отвлечение. Как и в оценке в баллах, так и в предлагаемой методике знания, опыт, интуиция эксперта – решающий фактор, влияющий на достоверность результата. Но предлагаемая математическая основа должна ограничивать субъективность эксперта, не позволяя ему выйти за установленные математикой пределы. Методика с использованием логико-вероятностного подхода как раз и даёт эту возможность. Важно ещё и то, что неценовые квалификационные характеристики, особенно влияющие на безопасность продукта и услуг, **все без исключения могут и должны быть взяты в расчёт.** Иначе как можно добиться качества?

Логико-вероятностный подход, использующий методы нечёткой логики и размытых множеств, позволяет с помощью количественных характеристик выявить плохо подготовленного подрядчика. А такой выбор не менее значим и сопоставим с расчётами несущих конструкций, поскольку и здесь ошибки чреваты аварией. Сегодня большинство инвестиционных проектов реализуются, проходя сито подрядных торгов. Человеческий фактор сильно влияет на работу конкурсных комиссий. Дать эксперту, анализирующему тендерный материал, рабочий инструмент количественной оценки, – значит создать техническую и правовую основу для беспристрастной работы жюри и поставить участников конкурса в одинаковые условия.

Любая работа сопровождается риском ошибиться. Что есть риск?

**Риск** – рассчитываемая вероятность возникновения ситуации, при которой будет нанесен ущерб зданию или сооружению (имуществу), урон здоровью людей. В нашем случае это вероятность необъективного выбора подрядчика, не подготовленного к выполнению конкурсных работ. По сути дела, тоже авария, но виртуальная, с прогнозируемыми последствиями.

Чтобы в дальнейшем не путаться в основных понятиях, следует установить, что «**вероятность**» – это возможность какого-то события, в нашем случае неблагоприятный выбор подрядчика, а риск – это **мера опасности** этого события.

Очень важно установить пороговые значения  $R$  (риск выбора «плохого» подрядчика) и построить модель его пригодности для выполнения конкурсных работ...

Пороговые значения риска позволяют построить так называемый закон деградации или профессиональной непригодности подрядной фирмы для определённого вида работ в виде диаграммы «энтропия – риск». Для большинства возможных пользователей показатель «энтропия» может быть непонятен. Но для нашего случая существует физический аналог энтропии – **профессиональная непригодность фирмы**. Поэтому закон деградации описывается диаграммой, показывающей взаимосвязь профессиональной значимости фирмы и величины риска. Эта диаграмма – родственница графика, отражающего зависимость «энтропия – конструкционный износ» и опубликованного в статье «Число как основа технического регулирования и выражение конструкционной безопасности», (ВЗ, №1, 2010).

И здесь для построения математической модели вводятся две гипотезы. Первая из них утверждает, что модель выражается экспонентой, а ее представительным параметром служит величина риска  $R$ . Вторая гипотеза предполагает, что критический момент для фирмы наступает тогда, когда степень её подготовленности для выигрыша тендера составляет **5%**.

Принятым гипотезам и условию полной готовности к строительству или капитальному ремонту отвечает математическая модель объекта, когда риск выбора неподготовленного подрядчика равен  $R=1$  и выражает **абсолютную** готовность фирмы к работам, провозглашённым тендерной комиссией.

Опускаю математические выкладки, несложную работу эксперта с банком данных для каждого вида строительных работ, но можно, положив руку на сердце, заверить читателей, что ничего сложного в них нет, например, для капитального ремонта фасадов жилых зданий разработчик уже всю предварительную часть оценки сделал. Но саму модель показать стоит.

Пользуясь моделью (см. рисунок), можно утверждать:

1. При риске в точке **A** (первое пороговое значение риска  $R=3$ ), показано, что готовность фирмы к конкурсным работам в **93%** приемлема и участник тендера может в нём участвовать.

2. При риске в точке  $R=7$  (стыковая точка **B**) определяется готовность фирмы к конкурсным работам только на **80%**, и поэтому тендерная комиссия может рекомендовать конкурсанта будущему победителю тендера только в качестве субподрядчика.

3. В пределах «красной» зоны от точки 7 до точки со значением риска, равного **83**, вероятность получить **профессионально** подготовленного подрядчика на конкурсные работы теоретически исчерпывается, и дата наступления последующих неприятностей становится открытой, то есть их проявление неизбежно.

4. Модель деградации служит своеобразным инструментом для оценки работы тендерной комиссии, даёт возможность прямо оценить круг претендентов на конкурсные работы и, кроме того, косвенно – ситуацию в региональном строительном комплексе. **Методика построена на разработках Южно-Уральского Государственного Университета (руководитель проф. А.П. Мельчаков)**. Как ей пользоваться? Это тема другой статьи (смотри журналы «Высотные здания №6, 2009 и №1, 2010), но следует ещё раз повторить: она доведена до предельной простоты.

Заключение.

1. *«Как это ни покажется странным, но при принятии Закона депутаты не требовали его объективного и всестороннего экономического обоснования, в том числе эффективности. Экономические же показатели во многом зависят от количества технических регламентов, которые предписывается разработать и принять. Однако объективного обоснования их требуемого количества нет и по сей день – сначала толкователи говорили о нескольких десятках, сейчас – о сотнях».* (М. Гельман, «Промышленные ведомости», №5-6, 2008).

Я хотел бы ошибиться, но, к сожалению, убеждён, что в кабинете руководителя Федерального агентства по техническому регулированию на стене не висит иерархическая полная

структура нормативных документов, – « театр военных действий», – где в каждый прямоугольник вписаны: название нормативного акта, срок его выполнения, стоимость и организация-разработчик. Если бы такой документ существовал, то, будьте уверены, все бы сегодня знали, когда удастся увидеть готовую систему технического регулирования, каковы будут затраты и какой экономический эффект «нанесут» стране её исполнители. Но его нет, поэтому...

2. *«Есть еще целая группа регламентов, которые вносятся в инициативном порядке, – на однородные группы продукции, на стекло, на отдельные установки и т.п. К сожалению, отсутствие централизованной системы, подобной той, что присутствует в европейской практике, у наших коллег белорусов, казахов – членов Таможенного союза – приводит к тому, что в России появился целый ряд технически очень узких регламентов с небольшой областью распространения».* (С.В. Пугачёв, «Строительный эксперт, №05-06,2010).

Спрашивается – почему нет системы? Чья это забота? И по чьему заданию работает этот инициативный порядок? И что тогда жаловаться, мол, *«появился целый ряд технически очень узких регламентов с небольшой областью распространения»*? Разве эту неизбежность нельзя было предвидеть – ведь стратегического документа они не видели, взгляд на проблему у них со своей колокольни – узкий, откуда взяться широте?

3. *«...была создана группа аффилированных организаций – разработчиков технических регламентов, конечно же, случайно оказавшихся победителями конкурсов на разработку и соответствующих методологических документов... профессионалы в областях знаний, соответствующих тематике технических регламентов, оказались на обочине. Поэтому, какого качества будут важнейшие документы, регламентирующие... системную надежность и безопасность ... нетрудно догадаться».* (М. Гельман, «Промышленные ведомости», №5-6,2008).

К словам главного редактора «Промышленных ведомостей» присоединяюсь. Как можно было поручать разработку регламента о безопасности зданий и сооружений организации, в которой специалисты не могут грамотно сформулировать понятие «предельное состояние» – идеологический принцип, основа проектирования? Поручать тем, кто не понимает, откуда на объекты недвижимости надвигаются разнообразные опасности? А источник у них один – человек. А ему не посвящен ни один абзац регламента. Я думаю, если при отборе конкурирующих организаций была бы использована методика, о которой шла речь выше, то нынешние авторы навсегда бы лишились бы права работать над нормативными документами.

4. *«...сейчас наши усилия сосредоточены главным образом на разработке двух важнейших документов. Один из них принят законодателями 30 декабря 2009 года – это регламент «О безопасности зданий и сооружений», а второй – «О безопасности строительных материалов...».* (С.В. Пугачёв, «Строительный эксперт, №05-06,2010).

В материалах «Строительного эксперта», посвящённых техническому регулированию, выход в свет закона «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» – предмет особой гордости. Хотя гордиться нечем. Это не тот норматив, который будет содействовать безопасности в строительстве. Почему? Читайте «Строительную газету», №52, 2009 и №10, 2010. Там всё объяснено.

### Вывод

Нормативные документы должны корректироваться, но после определённого срока, законодательно закреплённого. В противном случае законотворчество, подобное регулированию технической деятельности в стране, можно назвать экспериментальным, пробным, Всякий закон пишется для людей, всякий эксперимент над ними недопустим. Неужели Федеральное агентство и думский народ этого не знают?

## ПОСЛЕСЛОВИЕ НАПИСАННЫМ СТАТЬЯМ О ТЕХНИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ *AFTERPIECE TO ARTICLES ABOUT TECHNICAL REGULATION*

**Никонов Н.Н.**

*Научный консультант ГУ Центр «Энлаком»,  
доктор технических наук*

**Nikonov N.N.**

*Scientific consultant of The Center «Enlakom»,  
Moscow, doctor of engineering*

### **Аннотация**

*В статье на фоне критики Федерального закона «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» доказывается необходимость оценки рисков аварии строительных объектов как одного из существенных элементов безопасности сооружений.*

### **Ключевые слова:**

*Закон, СНиП, безопасность, добровольность, ответственность.*

### **Summary**

*The article criticizes the Federal law «Technical regulation On safety of buildings and constructions». With this criticism in mind the author argues in favor of the necessity to assess the risks of accidents in development and construction as an essential safety feature.*

### **Keywords:**

*Law, CN&R, safety, voluntariness, responsibility.*

«...видеть истину – и этого довольно».

**Томас Вулф «Домой возврата нет»**

**К**огда-то было написано письмо главному редактору журнала «Строительство» Л.Г. Поршневой о нормотворчестве. Вот фраза из этого письма: «...если мы хотим добиться безопасного строительства, нужно говорить, писать, убеждать руководство, инвесторов, заказчиков, строителей, проектировщиков в единственности предложенного подхода. Хотя возможно нас и не услышат». И, действительно, не слышат. Поэтому и появилось Послесловие, которое начато с известной пословицы.

Если «закон, что дышло – куда повернул, то и вышло», **что** надо знать, чтобы развернуть его в нужную сторону? Гоголь знал **что**: главное – умение приложить мысль (суть закона) «...таким образом, чтобы она принялась и поселилась в нас». Принялась, значит, была посеяна, поселилась, значит, стала нашей, всеобщей. Это как раз тот случай, когда верхи хотят, а низы и хотят, и могут. Но в нашей сегодняшней жизни все наоборот. Верхи захотели, а низы это хотение не поняли. Главный редактор «Промышленных Ведомостей» М. Гельман обоснованно критиковал авторов Закона: «Подобного закона, который провоцировал бы ... стагнацию экономики и уход из нее государства, а также внедрял прочие, порочные по сути «либеральные» ценности, нет нигде в мире». Вспомните, что говорил Ю.М. Лужков: «... в деле реформирования строительной отрасли, к сожалению, воплощаются наиболее одиозные идеи наших либералов...» Помягче, но все равно в глаз.

Решив заменить действовавшую десятилетиями и вопреки запретам все еще работающую систему СНиП и ГОСТ, авторы Закона не дали архитекторам и инженерам документы, обосновывающие техническую политику государства, суть которой, как я ее понимаю, не только в создании условий для безопасности производства, но и в экономии ресурсов, в поддержке науки, в укреплении ее связей с производством, в создании и использовании новшеств, наконец, в установлении ответственности субъектов строительства и, если этого нет ни в законе, ни в регламентах, то и сам закон, и новые подзаконные акты – технические регламенты – никогда не будут работоспособными. Время весьма убедительно это показывает.

Ущербность Закона заключается в том, что его авторы не заметили отраслевой характер экономики, потеряли из виду непосредственных исполнителей Закона, не поняли сущности его основных категорий – безопасности и добровольности, – что заставило создателей техни-

ческих регламентов блуждать в юридических дебрях Закона и переписывать с черного на белое параграфы отмененных СНиП.

Не следует думать, что Закон сочинили неучи. Совсем нет. Просто выполнен заказ некоторой части бизнес-сообщества, которой весь этот госнадзор, как нож в горло. *«Мы сами надзираем и проэкспертируем»*, – так говорят его представители, на всяких форумах и за круглыми столами, забыв или не зная, что либерализм там, где необходимо единоначалие и строгая регламентация производственной деятельности, чреват катастрофическими последствиями. Именно эта сторона нормотворчества всегда принадлежала отраслям народного хозяйства, а теперь она оказалась вне закона. В проектах технических регламентов остались одни слова и нет чисел – пороговых значений безопасности – говорят: так надо, ведь регламенты правовые документы – но это уже так далеко от техники, что и безопасности на самом деле нет.

Еще один ее элемент – работа надзорных органов и государственной экспертизы, в том числе. Регламент ее работы при рассмотрении особо сложных объектов должен был обязательно упомянут в главных нормативных документах.

И, конечно, полностью должна была быть исключена экспертиза реализованных проектов. Эту абсурдную ситуацию даже упоминать неудобно, но она есть и бытует повсеместно. Поэтому должна быть предусмотрена строгая ответственность по этой статье.

Пример хорошего взаимодействия проектных организаций и надзорных органов в отечественной строительной практике есть. Но авторы Закона прошли мимо опыта строительства олимпийских объектов в 1976–80 гг. Тогда был продемонстрирован прекрасный пример эффективного взаимодействия органов государственного управления, проектировщиков, строителей, служб заказчика и надзора. Отсюда следует очень простой вывод: *«...не бывает повышения качества параллельно с уменьшением роли государства в строительстве»*. Следует добавить – **и безопасности**.

Олимпийское строительство дало многое тем, кто хотел учиться. Организация строительства «с листа» заставила по-другому посмотреть на нормотворчество. Спустя некоторое время после Олимпиады было предложено *«при подготовке заданий на проектирование крупных (назовем теперь их уникальными) объектов посадить за один стол всех участников проекта, включая государственных экспертов, работников СЭС, пожарного надзора и других; сделать их соучастниками, сподвижниками; разработать вместе систему требований к проекту, привлечь для этого отраслевую науку для ... развязывания туго затянутых в спорах узлов; согласовать вновь созданные нормативы для данного проекта и затем строго соблюдать их в проектировании и строительстве, не нарушая пороговые государственные ограничения. После осуществления проекта, установить: обратную связь с потребителями проекта, степень совпадения наших предвидений с устроенной нами же жизнью. Учесть ошибки и исключить их в последующей работе. Сделать эти циклы постоянными, тем самым, привлекая к творчеству все общество. Приведенный алгоритм должен превратить проектирование и строительство из профессионального акта в социальное действие. И это не только демократично, но должно быть и экономически выгодно»* (АиСМ, №10, 1989 г.). Так было написано тогда, давно, но только теперь в конце 2007 года в свет вышло «Положение о технических условиях на проектирование и строительство уникальных объектов», и вслед, повторяя московский документ, Минрегион РФ издал приказ «О порядке разработки и согласования специальных технических условий на проектирование и строительство уникальных объектов капитального строительства». Что ж, лучше позже, чем никогда.

Любая работа, если ее хочешь сделать хорошо, начинается с составления плана. Построение и подчиненность подзаконных актов, выраженные в структурной схеме, должны были обязательно представлены в приложении к Закону. Тогда можно было с большой точностью определить объем предстоящей работы, затраты на ее осуществление и сроки выполнения. Отсутствие этого важного раздела – признак малого знания и сумбурной работы.

Ключевые слова Закона – безопасность и добровольность. Казалось бы, они заслуживают четких определений в терминологическом глоссарии. Ан нет! Вариации на тему *«отсутствия недопустимого риска»* смешат, но знаний о безопасности не добавляют. Еще хуже дело

обстоит с добровольностью – ее вообще не объясняют. А зря. Авторы Закона и последующих проектов технического регламента, видимо, настолько были убеждены в обыденности этого понятия, что не нашли нужным его растолковывать. К сожалению, большинство строительного народа поняли его так, как им было удобно. А поскольку в Законе не была установлена ответственность за нарушения действующих норм, то и добровольность была понята как вседозволенность. Хотя в нашем проектном деле добровольность – это предоставление выбора из нескольких грамотных решений того, что согласуется с внешними условиями и авторскими установками. Вот такая **добровольность** сводит к минимуму возможность ошибок и **обязательно** обеспечит **безопасность**.

Но это упрощенное понимание добровольности. На самом деле добровольность – сложное понятие, если его рассматривать с позиций теории самоорганизующихся систем (синергетики). Сегодня много говорят о саморегулируемых организациях, а это значит, что к ним применимы принципы этой теории – нелинейности и открытости. Любая организация, взвалившая на себя **ответственность** (запомним это слово) саморегуляции, так или иначе взаимодействует со своим окружением, в том числе и с государственными органами. И поэтому, с точки зрения синергетиков, она открытая система, хотя и может называться закрытым акционерным обществом. Было бы странным, если бы государство оставило без внимания деятельность подсистем, существующих на его территории. Внимание – это не тотальный контроль, а регулярные проверки. Когда строительная или какая-нибудь другая фирма работает **ответственно**, то вмешательство государства в его деятельность может или должно быть незначительным, но если все не так, а наоборот, то государственный контроль должен быть ужесточен: ведь **ответственность** одна на всех – а ее производная – **безопасность** – главная забота государства.

Деятельность самоорганизующихся открытых систем сложна и не может быть описана линейными зависимостями. К ним не применима линейная экстраполяция. В прогнозе их развития должны учитываться нелинейные эффекты. Простой пример физической нелинейности – ползучесть бетона под нагрузкой, еще проще – нелинейность из школьной математики – квадратные уравнения. Проектирование же – безоговорочно нелинейный процесс, оно характерно открытостью (учет взаимодействия многих подсистем), и нелинейностью (вариативность).

Нелинейному развитию присущ бифуркационный (разветвляющий) характер. Если есть точки разветвления – значит есть выбор, Если есть возможность выбирать – значит тот, кто выбирает, несет ответственность за выбор. Отсюда следует важнейший императив синергетики: *«..свобода есть возможность выбора из альтернатив, но при одновременной ответственности за этот выбор»* (Л.В. Лесков).

Свобода и добровольность в настоящем контексте – синонимы, и, следуя за этим высказыванием, приходим к этическому пониманию добровольности как персонафицированной ответственности, когда *«...этические факторы становятся неотъемлемой и органической частью экономической и социальной политики»* (Л.В.Лесков)

Вспомним, что говорил Владимир Игоревич Арнольд *«...отсутствие личной ответственности за принимаемые решения приводят рано или поздно к катастрофе»*, и посетуем, что ни в одном из последних нормативных документов, предложенных вниманию общественности, нет и упоминания о субъекте строительной деятельности. Человек исчез из Закона №184 и регламентов, будто не он главный ответчик за безопасность произведенных им продуктов.

Перечитывая Закон №184–ФЗ и порожденные им проекты технических регламентов о безопасности, убеждаешься – авторы изначально не вникли в суть фундаментальных категорий – безопасности и добровольности. И может быть самое главное – ими потерян адресат. Для кого пишутся все эти регламенты? Для работающих людей. От кого исходит опасность в производстве? От них же. Что нужно сделать, чтобы уменьшить риск аварий, неполадок, дефектов и прочих не всегда предсказуемых ситуаций? Учесть, требовать выполнения ограничительных условий, запрещать действия, чреватые опасностью, наказывать за нарушения и т. п. Есть что-то похожее в прочитанных документах? Не было – и нет.

К чему все это приводит? К тому, что Закон в том виде, какой он есть, вызывает к жизни бесчисленные технические регламенты по безопасности, которые ни на йоту не приближают технические отрасли экономики к действительно надежной работе.

Тем не менее безопасность в Законе, и в проектах технического регламента выделяется как важнейшее понятие и, казалось бы, требует к себе особого отношения. Почему же *«Государство... со всех ног улепetyивает от контроля за качеством и безопасностью...»* в производстве, когда *«... задача заключается в совершенствовании и разумном усилении системы государственного контроля и надзора...»* (Ю.М. Лужков)? Неужели только потому, что этого хочет бизнес-общество? Тогда извольте получить риски больших и малых неприятностей в «наилучшем» виде. Не хочется...? Тогда следует совсем простой вывод: **безопасность – дело государственной важности.**

В последнее время вышло в свет еще немало любопытных документов, среди них которая статья в журнале «Промышленное и гражданское строительство» №10 за 2008 год где Л.С.Барина, член редколлегии с 2005 года, она же председатель Технического Комитета 465, известила, что на втором слушании проектов технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» в Межотраслевом Совете было рекомендовано представить в правительство проект ОАО «ЦНС», переработанный *«с учетом поступивших замечаний»*. На сайте ОАО можно найти этот документ. Он произведет неизгладимое впечатление. Определение «технический» к существительному «регламент» можно убрать без ущерба смыслу. Спрашивается: кому нужны документы, не определяющие основные пороговые значения безопасности? И даже не направляющие инженеров к тем источникам, где они могут быть? Прав профессор В.О.Алмазов: *«Не бывает что-то просто так. Кому-то это выгодно...»*.

А вот удивительное – рядом: приказ Министерства регионального развития РФ №274 от 09 декабря 2008 года *«Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность капитального строительства»*, корни которого в Градостроительном Кодексе РФ (статья 55). Внимательно прочитаем это «произведение» канцелярского искусства, оставим вне критики язык, которым он написан, с трудом поднимем и отложим в сторону многостраничный Перечень и позабудем логическими построениями. Если усилиями Минрегиона на свет появился Перечень работ, влияющих на безопасность, то, очевидно, должен существовать и полярный ему «Список видов безопасной деятельности в строительстве». Но такого безумного документа быть не может, потому что нет в проектировании и строительстве ничего второстепенного, все влияет на безопасность, всякая, казалось бы, пустяшная деталь грозит обернуться большой бедой при отсутствии внимания к ней. Следовательно, и исходный Перечень тоже из породы абсурдных произведений, хотя и содержит наименования более восьмисот работ, которые, по мнению авторов, потенциально опасны. Но уверенности в его полноте нет. Потому что, даже на первый взгляд, пропущены чрезвычайно важные работы. Но беда вовсе не в этом, а в том, что опять забыт главный источник всех опасностей и катастроф в нашем деле – человек. Здесь я позволю еще раз отвлечься, Допустим, двум рабочим поручили выполнить одну работу из этого пресловутого Перечня, вторую – или из придуманного мной Списка. Первый сделал ее хорошо, в точности следуя нормативам, а второй – спустя рукава, тяп-ляп. Какая из них тащит за собой беду, а какая безопасна? Вот то-то!

Потому безопасность, как и качество, категория мировоззренческая, потому только человек – носитель качества и безопасности, и потому о его **персональной ответственности за решения**, которые он принимает, должно размышлять министерство, а не плодить толстые бумаги, от которых и уму, и сердцу одно расстройство. Видно, авторам этого приказа не дано понять, что эффективность их работы не в толщине приказных фолиантов, которая обратно пропорциональна их смыслу, если они не содержат описания прав, обязанностей и **ответственности** главных персонажей проектного дела и строительства, если в директивы не вписаны методы воспитания в рабочем человеке такого отношения к работе, в котором нарушения требований безопасности – табу. В противном случае чиновничья деятельность – только видимость работы, пыль в глаза.