

11. Осадчук Т. Дослідження пінобетонних плит, армованих стальними сітками з різним анкеруванням на продавлювання / Т. Осадчук, Х. Демчина // XV Міжнародний науково-практичний форум "Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсоощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільських територій" (м. Дубляни, 24-26 вересня 2014 р.). — С. 101-106.

12. ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости [Электронный ресурс]. — НИИЖБ, М: 1994г. — 33с. — Режим доступа: <http://www.cad.dp.ua/gost/files/GOST8829-94.pdf>

#### АННОТАЦИЯ

Описана методика экспериментальных исследований многослойных стеклянных плит опирающихся по четырем углам, работающих на изгиб от локальной нагрузки посередине плит. Представлены результаты экспериментальных исследований согласно принятой схеме испытания. Проанализирован характер разрушения опытных образцов. Экспериментально доказана необходимость выбора стеклянных плитных конструкций с меньшим количеством слоев стекла большей толщины и рекомендовано использование внешнего слоя в растянутой зоне из закаленного стекла, или с дополнительным армированием.

Ключевые слова: стекло, стеклянные многослойные плиты, локальная нагрузка, исследования.

#### ANNOTATION

Technique of experimental researches of corner-supported multilayered glass plates which working on bending under loading on the local area in the middle of plates is described. The results of experimental researches in accordance with the test scheme are presented. The fracture pattern of test samples is analysed. The necessity to choose glass plate designs with fewer thicker layers of glass is experimentally proved and the use of the outer layer in tension zone with tempered glass or additional reinforcement is recommended.

Keywords: glass, laminated glass plates/multi-layered glass laminates, loading on the local area, research.

УДК 658.511:69.056

Никифоров А. Л.; Менейлюк И.А., к. т. н.;  
Ершов М. Н., к. т. н., ОГАСА, г. Одесса

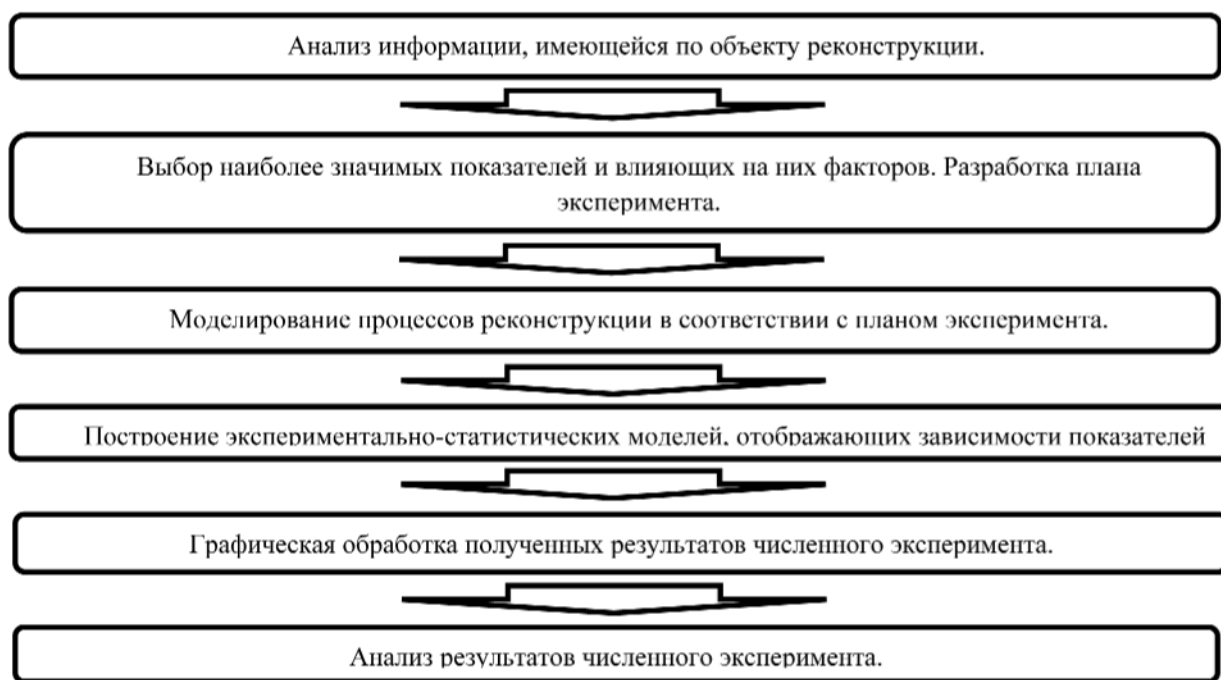
### ПОИСК РАЦИОНАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

#### АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты экспериментально-статистического моделирования и поиска рациональных организационно-технологических решений проекта реконструкции инженерного сооружения на примере радиобашни им. Шухова. Разработан алгоритм проведения исследования, позволяющий построить аналитические и графические зависимости исследуемых показателей от технологических и организационных факторов. На основании зависимостей предложены рациональные варианты условий проведения работ.

Ключевые слова: экспериментально-статистическое моделирование, реконструкция, высотные инженерные сооружения, численные методы оптимизации.

**Введение.** В Украине и за её пределами имеется большое количество высотных инженерных сооружений. Большая часть из них эксплуатируется десятки лет и более. Многие высотные инженерные сооружения требуют проведения ремонтно-восстановительных работ, а некоторые — противоаварийных. Реализация таких проектов требует значительных затрат. Как правило, существует множество вариантов выполнения работ по реконструкции. Они могут иметь различную стоимость, сроки выполнения. Специфика некоторых объектов требует определённого графика работ (только в ночную смену, использование ограниченного количества людей или календарного времени). В нормативных документах и изученных информационных источниках отсутствуют указания по выбору эффективных организационно-технологических решений при реконструкции таких сооружений. Поэтому такие работы требуют моделирования и последующей оптимизации по наиболее важным критериям. Моделирование таких вариантов и анализ экспериментально-статистических моделей позволит определить лучшее решение по выбранным критериям эффективности.



*Рис. 1 Методика исследования*

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является поиск рациональных организационно-технологических решений реконструкции на примере восстановления радиобашни им. Шухова по показателям продолжительности и стоимости проведения работ. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать алгоритм численной оптимизации организационно-технологических решений, использующий экспериментально-статистическое моделирование проекта реконструкции.
2. Выбрать план численного эксперимента, учитывающий изменение организационных факторов и возможность использования одной или нескольких технологий проведения работ на объекте реконструкции, а также независимые организационные факторы.
3. Провести численный эксперимент и построить аналитические и графические зависимости исследуемых показателей от организационно-технологических факторов.
4. Выбрать наиболее эффективные по стоимости и продолжительности варианты производства работ. Для решения задачи оптимизации проекта реконструкции Шуховской радиобашни был проведен численный эксперимент по моделированию вариантов организационно-технологических решений этих работ. При проведении численного исследования использовались теории оптимального планирования эксперимента, экспериментального

моделирования, современное программное обеспечение для построения календарно-сетевых моделей строительного производства [1,2, 3].

Решение задач оптимизации состоит из этапов, показанных на рис. 1.

Проведение численного исследования по разработанному алгоритму позволит обоснованно выбрать оптимальные организационно-технологические решения по проведению комплекса восстановительных работ в сложных организационных условиях при ограниченном финансировании [4]. При проведении исследования была использована сметная документация, отражающая актуальные затраты на проведение строительно-монтажных работ. Построение графиков строительства позволило корректно отобразить последовательность и принятые технологические решения при проведении высотных монтажных работ. Таким образом, настоящее исследование даёт количественную оценку альтернатив реализации проекта при изменяющихся вариантах организации комплекса восстановительных работ, условий финансирования.

На наш взгляд наиболее значимыми являются следующие показатели:

- Длительность строительно-монтажных работ, дп.;
- Суммарная стоимость, млн. руб.

Технологические факторы показывают, какая технологическая схема или их сочетание следует

Таблица 1 Матрица результатов эксперимента

№ точки	Натурные значения факторов					Показатели	
	V <sub>1</sub> Доля тоннажа М/К, реконструируемых с использованием лесов, %	V <sub>2</sub> Доля тоннажа М/К, реконструируемых с использованием люлек, %	V <sub>3</sub> Доля тоннажа М/К, реконструируемых с использованием промалпы, %	X <sub>4</sub> Степень совмещения работ, %	X <sub>5</sub> Коэффициент использования календарного времени в неделю	Длительность периода строительства, дней	Суммарная стоимость ИСП, тыс. руб.
0 (базовая)	100,00	0,00	0,00	0,00	0,24	1 038,00	142 625,65
1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,24	1 010,00	158 156,44
2	50,00	0,00	50,00	21,08	0,24	759	178 420,06
3	100,00	0,00	0,00	0,00	0,62	395	171 626,04
4	0,00	0,00	100,00	0,00	0,62	365	142 964,35
5	50,00	50,00	0,00	0,00	1	231	171 670,51
6	50,00	50,00	0,00	21,08	0,24	784	191 850,75
7	50,00	0,00	50,00	21,08	0,62	289	163 171,15
8	0,00	50,00	50,00	21,08	1	187	146 366,98
9	100,00	0,00	0,00	42,15	0,24	602	181 467,31
10	0,00	100,00	0,00	42,15	0,24	589	151 235,90
11	0,00	0,00	100,00	42,15	0,24	555	143 775,61
12	33,3(3)	33,3(3)	33,3(3)	42,15	0,62	213	155 796,43
13	100,00	0,00%	0,00	42,15	1	143	163 811,53
14	0,00	100,00	0,00	42,15	1	140	147 225,40
15	0,00	0,00	100,00	42,15	1	132	140 028,19

использовать для проведения высотных работ по реконструкции:

- вес металлоконструкций, реконструируемых с использованием лесов, в процентах от общего веса (V<sub>1</sub>);
- вес металлоконструкций, реконструируемых с использованием люлек, в процентах от общего веса (V<sub>2</sub>);
- вес металлоконструкций, реконструируемых с использованием промышленного альпинизма, в процентах от общего веса (V<sub>3</sub>).

Организационные факторы характеризуют степень интенсификации строительного производства:

- степень совмещения одновременного ведения работ (X<sub>4</sub>);
- коэффициент использования календарного времени (X<sub>5</sub>).

По результатам построения моделей проектарекон-

струкции (календарных графиков производства работ) были исследованы показатели инвестиционно-строительного проекта, изменяющиеся под влиянием организационных факторов. Результаты проведенного исследования приведены в таблице 1.

По результатам регрессионного анализа экспериментальных данных [5] были построены аналитические модели изменения показателей проекта реконструкции. Формула 1 является ЭС-моделью показателя "длительность строительно-монтажных работ" в аналитическом виде; формула 2 – показателя "суммарная стоимость".

Диаграмма зависимости показателя "длительность" от факторов X<sub>4</sub> (степень совмещения одновременного ведения работ), X<sub>5</sub> (коэффициент использования календарного времени) для трех различных технологических схем показана на рисунке 2.

В рамках данной диаграммы функция достигает экстремумов в следующих точках:

- $Y_{min} = [116 \text{ дн. } (V_1 = 0; V_2 = 0; V_3 = 1; X_4 = +1; X_5 = +0,8);$
- $Y_{max} = [1009 \text{ дн. } (V_1 = 0; V_2 = 1; V_3 = 0; X_4 = -1; X_5 = -1)].$

$$Y_1 = 306,67 V_1 + \bullet + \bullet - 90,96 V_1 X_4 - 304,28 V_1 X_5 + \bullet + 72,31 X_4 X_5 + 346,58 V_2 + \bullet + \bullet - 139,355 V_2 X_4 - 291,06 V_2 X_5 + 159,36 X_5^2 + 278,02 V_3 - 90,52 V_3 X_4 - 285,61 V_3 X_5 \quad (1)$$

$$Y_2 = 171138 V_1 + 69657 V_1 V_2 + \bullet - 3983 V_1 X_4 - 11423 V_1 X_5 - 3267 X_4^2 + 2869 X_4 X_5 + 144095 V_2 + \bullet + \bullet - 5119 V_2 X_5 + 8669 X_5^2 + 141338 V_3 - 4923 V_3 X_4 - 4631 V_3 X_5 \quad (2)$$

Рассмотрим диаграмму зависимости показателя "суммарные затраты" от факторов  $V_1$  (использование лесов),  $V_2$  (использование люлек),  $V_3$  (использование промышленного альпинизма) для девяти различных организационных схем. Она показана на рисунке 3.

В рамках данной диаграммы функция достигает экстремумов в следующих точках:

- $Y_{min} = \text{[133,8 млн. руб. (} V_1 = 0; V_2 = 0; V_3 = 1; X_4 = +1; X_5 = 0 \text{)]}$ ;
- $Y_{max} = 192 \text{ млн. руб. [(} V_1 = 1; V_2 = 0; V_3 = 0; X_4 = -1; X_5 = -1 \text{)]}$ .

мальным, а именно 133,8 млн. руб.

Это объясняется эффектом увеличения условно-постоянных расходов при увеличении длительности проекта.

При максимальной степени совмещения работы по монтажу/демонтажу люлек, находящиеся на критическом пути, препятствуют сокращению продолжительности реконструкции. Таким обра-

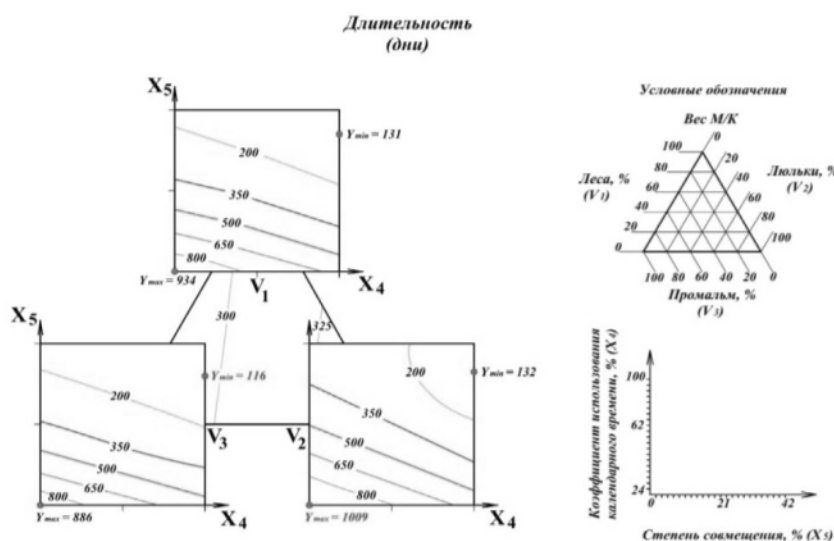


Рис. 2 Диаграмма зависимости показателя "длительность" (дл.) от исследуемых факторов (тип — "квадраты на треугольнике")

На показатель "суммарные затраты" технологические факторы влияют в зависимости от уровня фактора "степень совмещения".

Рассмотрев диаграмму можно увидеть, что:

– при 0% совмещения работ, 100% использования календарного времени, сочетании технологий с использованием люлек на 70% и лесов на 30% — суммарная стоимость достигает значений, близких к оптимальным, а именно 134,6 млн. руб.;

– при 42% совмещения работ, 62% использования календарного времени, применении технологии промышленного альпинизма — суммарная стоимость достигает значений, близких к опти-

зом, при одинаковой совмещённости сроки выполнения работ с помощью технологии промышленного альпинизма оказываются несколько меньше, что приводит к уменьшению суммарных затрат.

### Выводы:

1. Выбранный план эксперимента, моделирует различные организационные режимы производства, а также использование одной или нескольких технологий в рамках одного проекта.

2. В рамках факторного пространства продолжительность строительно-монтажных работ может быть сокращена в 7,86 раза, а стоимость — на 29,6%.

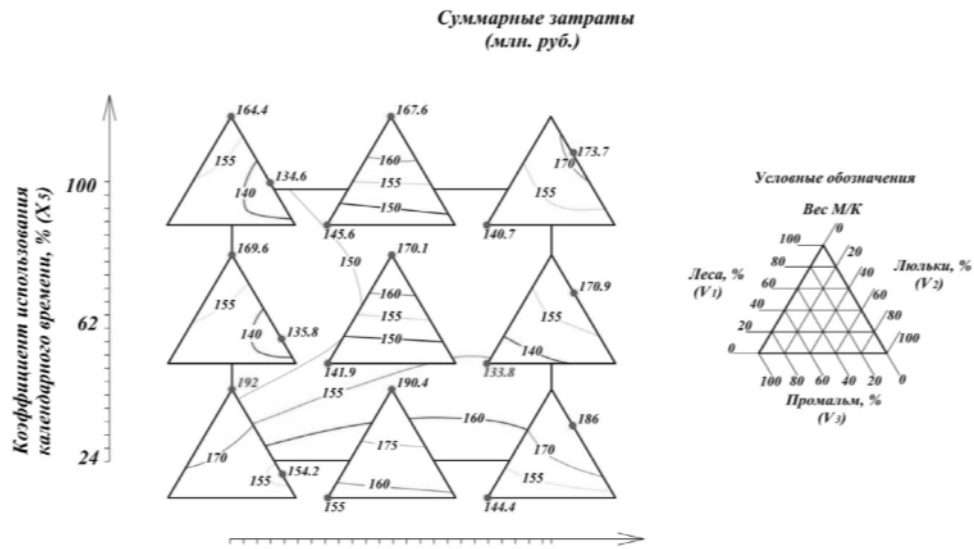


Рис. 3 Диаграмма зависимости показателя "суммарные затраты" (млн. руб.) от исследуемых факторов (тип — "треугольники на квадрате")

3. Минимальные значения длительности — 116 дней (при использовании технологии промышленного альпинизма, 42% совмещения работ, 7 рабочих днях в неделю, 2 сменах по 10,5 часов); стоимости -140,7 млн. руб. (при использовании технологии промышленного альпинизма, 42% совмещения работ 7 рабочих днях, 3 сменах по 8 часов).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский // М.: Финансы и статистика, 1981. — 263с. 7.
2. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский // М.: Наука. — 1-е изд., 1971. — 283 с. — 2-е изд., 1976. — 279 с.
3. Налимов В.В. Теория эксперимента. / В.В. Налимов // М.: Наука, 1971. — 208 с.
4. Краковский Г.И. Планирование экспериментов / Г.И. Краковский, Г.Ф. Филаретов. // Минск: БТУ, 1982. — 757 с.
5. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков // К.: Вища школа, 1989.-328. с.

#### АНОТАЦІЯ

У статті наведені результати експериментально-статистичного моделювання і пошуку раціональних організаційно-технологічних рішень проекту реконструкції інженерної споруди на прикладі радіобашни ім. Шухова. Розроблено алгоритм проведення дослідження, що дозволяє побудувати аналітичні і графічні залежності досліджуваних показників від технологічних і організаційних чинників. На підставі залежностей запропоновані раціональні варіанти умов проведення робіт.

Ключові слова: експериментально-статистичне моделювання, реконструкція, висотні інженерні споруди, чисельні методи оптимізації.

#### ANNOTATION

The article presents the results of experimental statistical modeling and search for rational organizational and technological solutions of the engineering structures reconstruction project on the example of Shukhov radio-tower. The algorithm of the study which allows to build analytical and graphical dependences of the studied parameters of technological and organizational factors is developed. On the basis of dependency rational options for operating conditions are offered.

Keywords: experimental statistical modelling, reconstruction, high-rise structures, numerical methods of optimization.