

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ФИНАНСОВЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИИ ЗДАНИЙ**

**А.И. Менайлюк**, д-р техн. наук, профессор, **Л. В. Лобакова**, аспирант  
(Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина)

В статье представлены варианты управления стоимостью при реконструкции зданий с перепрофилированием. Методика основана на построении различных вариантов проекта в программе Microsoft Project и их экспериментально-статистическом анализе с использованием программы COMPEX. Внедрение данной методики при перепрофилировании зданий позволит выбирать эффективные модели проектов в зависимости от заданных ограничений. Данная методика может быть использована для различных строительных проектов.

Ключевые слова: выбор эффективной модели, моделирование процессов, экспериментально-статистическое моделирование, перепрофилирование, реконструкция.

Современная практика архитектурного проектирования и строительства промышленных зданий показывает, что реконструкция и перепрофилирование объектов являются одними из наиболее распространенных проектов в сфере строительства. Это связано с тем, что эксплуатация ветхих зданий и необходимость в постоянном ремонте, оказывается в конечном итоге значительно более затратной, чем выполнение реконструкции. При перепрофилировании зданий целесообразно обратить внимание на выбор эффективных инженерных решений с целью сокращения продолжительности работ и уменьшения стоимости, что является актуальной задачей в строительстве.

Перепрофилирование помещений устаревших заводов, фабрик уже много лет практикуется по всему миру. Существует множество жилых зданий, выставочных и бизнес центров, которые ранее были цехами фабрик и заводов. При перепрофилировании зданий на этапе планирования проекта, зачастую, сталкиваются с проблемой выбора наиболее эффективной модели проведения работ. В целом, рациональная организация процессов перепрофилирования должна обеспечивать выполнение работ в минимальные сроки и с минимальными финансовыми затратами. Для выбора оптимального варианта проведения проекта необходимо выполнить анализ эффективности моделей при различных сочетаниях организационно-экономических параметров реализации проекта в соответствии с требованиями и техническим заданием.

Каждый объект перепрофилирования имеет свои особенности и требует индивидуальных решений.

Технология перепрофилирования или изменения целевого назначения здания существенно отличается от нового строительства и имеет свои особенности: стесненность условий, сложность транспортных схем подачи материалов, конструкций и оборудования, значительная трудоемкость и сложность механизации (демонтаж строительных конструкций и оборудования, разборка здания или его отдельных частей, разрушение отдельных конструктивов, усиление конструкций и др.), необходимость дополнительных мероприятий по технике безопасности при производстве строительно-монтажных работ и др. [1].

Планирование численного эксперимента начинается с анализа показателей эффективности проекта и выбора наиболее значимых из них. В данном случае это – стоимость проекта. После этого выполняется анализ и выбор факторов, оказывающих наибольшее влияние на выбранные показатели. В данных исследованиях варьировалось количество рабочих смен в сутки, количество рабочих дней в неделю, коэффициент совмещения работ, условия финансирования (собственные средства заказчика проекта, кредитные средства, лизинговые средства). Следует обратить внимание, что условия финансирования являются взаимозависимыми, так как сумма всех средств затраченных на проект не может превышать 100% стоимости проекта. Следовательно, увеличение значения уровня одного из факторов приведёт к соответствующему уменьшению значений уровней других.

Численный эксперимент по определению зависимостей между выбранными показателями и факторами, оказывающими на них влияние, целесообразно выполнять с использованием математической теории планирования эксперимента. Она является основополагающей частью теории экспериментально-статистического моделирования [2].

При использовании теории планирования эксперимента возможно сократить количество проводимых экспериментов по сравнению с полнофакторной моделью. Например, использование теории планирования позволяет сократить 243 эксперимента (5-факторный эксперимент на 3 уровнях) до 15. Каждая модель показывает, как изменяется исследуемый показатель ( $Y$ ) при изменении соответствующих факторов ( $X_i$ ). При этом обеспечивается адекватность результатов, а именно качественная и количественная оценка влияния основных исследуемых факторов и их совокупности на исследуемые показатели [3, 4].

Было построено 15 различных моделей в виде диаграмм Ганта, которые отображают ход работ по перепрофилированию. Данные модели представляют собой различные варианты одного проекта и отличаются организационными и технологическими решениями. Для построения моделей была использована компьютерная программа Microsoft Project. На данном этапе происходит определение значений заданных показателей эффективности перепрофилирования промышленных предприятий при различных сочетаниях факторов.

План и результаты эксперимента представлен в таблице 1.

Таблица 1 – План и результаты эксперимента

| № точки | Условия финансирования                           |  |   | X <sub>4</sub> —<br>Количество<br>рабочих часов в<br>неделю, часы |     | X <sub>5</sub> —<br>Коэффициент<br>совмещения<br>работ |     | Y <sub>1</sub> —<br>Стоимость<br>проведения<br>работ, грн |
|---------|--|--|---|---|-----|--|-----|---|
|         | V <sub>1</sub> —<br>Собствен-<br>ные<br>средства | V <sub>2</sub> —<br>Кредит-<br>ные<br>средства | V <sub>3</sub> —<br>Лизинго-<br>вые<br>средства |   |     |  |     |   |
| 1       | 0  | 1  | 0   | -1  | 40  | -1   | 0%  | 5163920,5   |
| 2       | 0.5  | 0  | 0.5   | -0.11   | 72  | -1   | 0%  | 4427057,1   |
| 3       | 1  | 0  | 0   | -1  | 40  | 0  | 25% | 3442183,7   |
| 4       | 0  | 0  | 1   | -1  | 40  | 0  | 25% | 6195930,6   |
| 5       | 0.5  | 0.5  | 0   | -1  | 40  | 1  | 50% | 3626667,0   |
| 6       | 0.5  | 0.5  | 0   | -0.11   | 72  | -1   | 0%  | 3722812,5   |
| 7       | 0.5  | 0  | 0.5   | -0.11   | 72  | 0  | 25% | 4140057,1   |
| 8       | 0  | 0.5  | 0.5   | -0.11   | 72  | 1  | 50% | 4346254,0   |
| 9       | 1  | 0  | 0   | 1   | 112 | -1   | 0%  | 2872183,7   |
| 10      | 0  | 1  | 0   | 1   | 112 | -1   | 0%  | 3890612,1   |
| 11      | 0  | 0  | 1   | 1   | 112 | -1   | 0%  | 5169930,6   |
| 12      | 0.333  | 0.333  | 0.333   | 1   | 112 | 0  | 25% | 3797543,5   |
| 13      | 1  | 0  | 0   | 1   | 112 | 1  | 50% | 2610517,0   |
| 14      | 0  | 1  | 0   | 1   | 112 | 1  | 50% | 3536162,8   |
| 15      | 0  | 0  | 1   | 1   | 112 | 1  | 50% | 4698930,6   |

Расчет моделей, которые содержат значения факторов и показателей, производится с помощью программы COMPEX, разработанной в Одесской государственной академии строительства и архитектуры [5, 6].

Для визуализации результатов исследования, содержащих три взаимозависимых фактора, использовались графики, которые называются тернарными. Они описывают влияние выбранных организационно-экономических факторов на исследуемый показатель. Следует отметить, что можно по полученным результатам эксперимента построить треугольники в любой точке в пределах исследуемой области, для любых сочетаний организационных факторов. На рисунке 1 показаны зависимости показателя эффективности «Стоимость» от факторов V<sub>1</sub> (собственные средства), V<sub>2</sub> (кредитные средства), V<sub>3</sub> (лизинговые средства) для девяти различных организационных схем, т.е. сочетания значений организационных факторов. «Стоимость» достигает своих экстремумов в следующих точках:

$Y_{\max} = 6662,5$  тыс. грн. (V<sub>1</sub>=0%; V<sub>2</sub>=0%; V<sub>3</sub>=100%; рабочее время X<sub>4</sub>=40 часов в неделю; коэффициент совмещения работ X<sub>5</sub>=0%);

$Y_{\min} = 2612,5$  тыс. грн. (V<sub>1</sub>=100%; V<sub>2</sub>=0%; V<sub>3</sub>=0%; рабочее время X<sub>4</sub>=112 часов в неделю; коэффициент совмещения работ X<sub>5</sub>=50%).

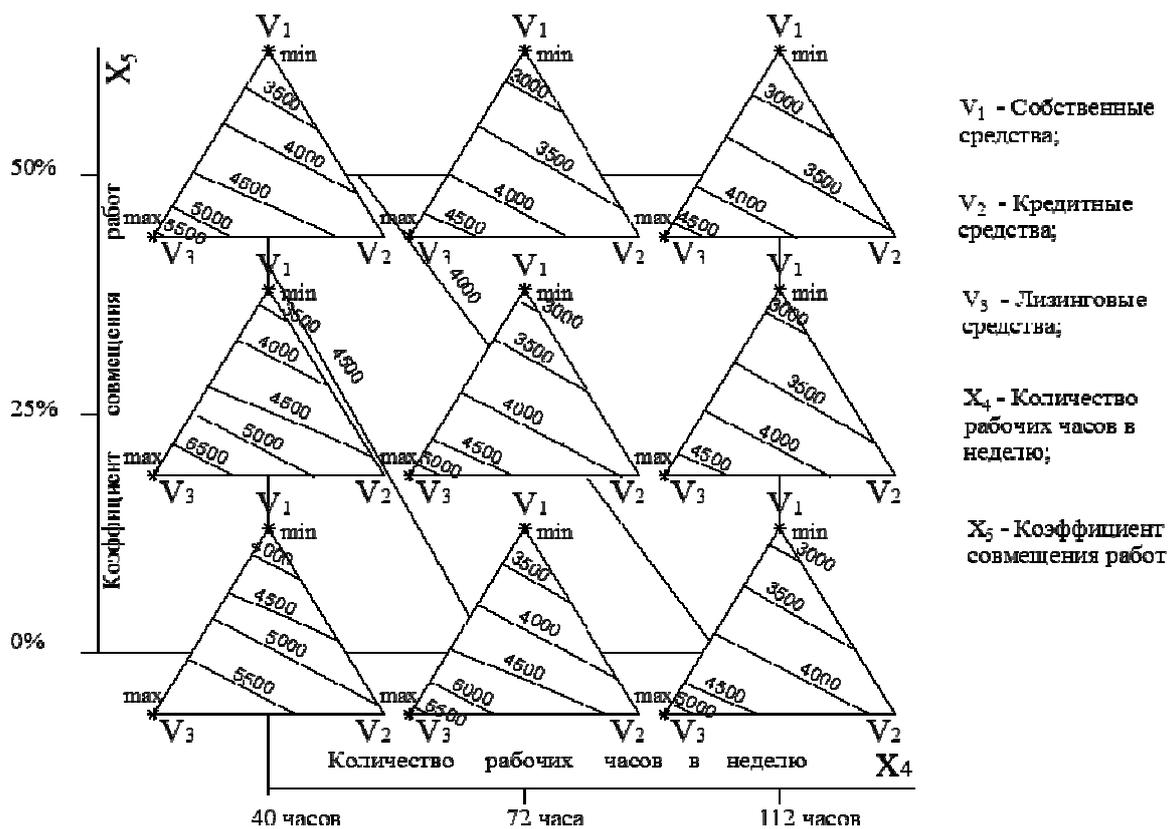


Рисунок 1 – График влияния факторов варьирования на стоимость проекта (тыс. грн.)

Для рассматриваемых сочетаний значений организационных факторов достижение минимальных значений показателя «Стоимость» возможно при использовании такой схемы финансирования как собственные средства, а максимальных – при использовании лизинговых средств. К примеру, при количестве рабочего времени  $X_4=72$  часа в неделю, при коэффициенте совмещения работ  $X_5=50\%$  и при сочетании финансирования  $V_1=60\%$ ,  $V_2=0\%$ ,  $V_3=40\%$  можно определить, что стоимость работ по перепрофилированию будет равна 3500 тыс. грн.

После построения и анализа экспериментально-статистических моделей в соответствии с разработанной методикой необходимо выбрать наиболее эффективную модель. Например, примем такие ограничения: стоимость проекта не должна превышать 3 млн. грн., собственные средства заказчика проекта должны составлять 100 % стоимости проекта. На рисунке 2 заштрихованная область отвечает значениям стоимости проекта, которые меньше 3 млн. грн.

$Y_1-Y_5$  — стоимость проекта, в зависимости от варьирования факторов и при использовании только собственных денежных средств заказчика. В данном случае наименьшая стоимость проекта будет составлять 2612,5 тыс. грн. при 112 рабочих часах в неделю и при коэффициенте совмещения работ равному 50 %. Этот вариант реализации проекта перепрофилирования здания можно назвать наиболее эффективным учитывая имеющиеся ограничения.

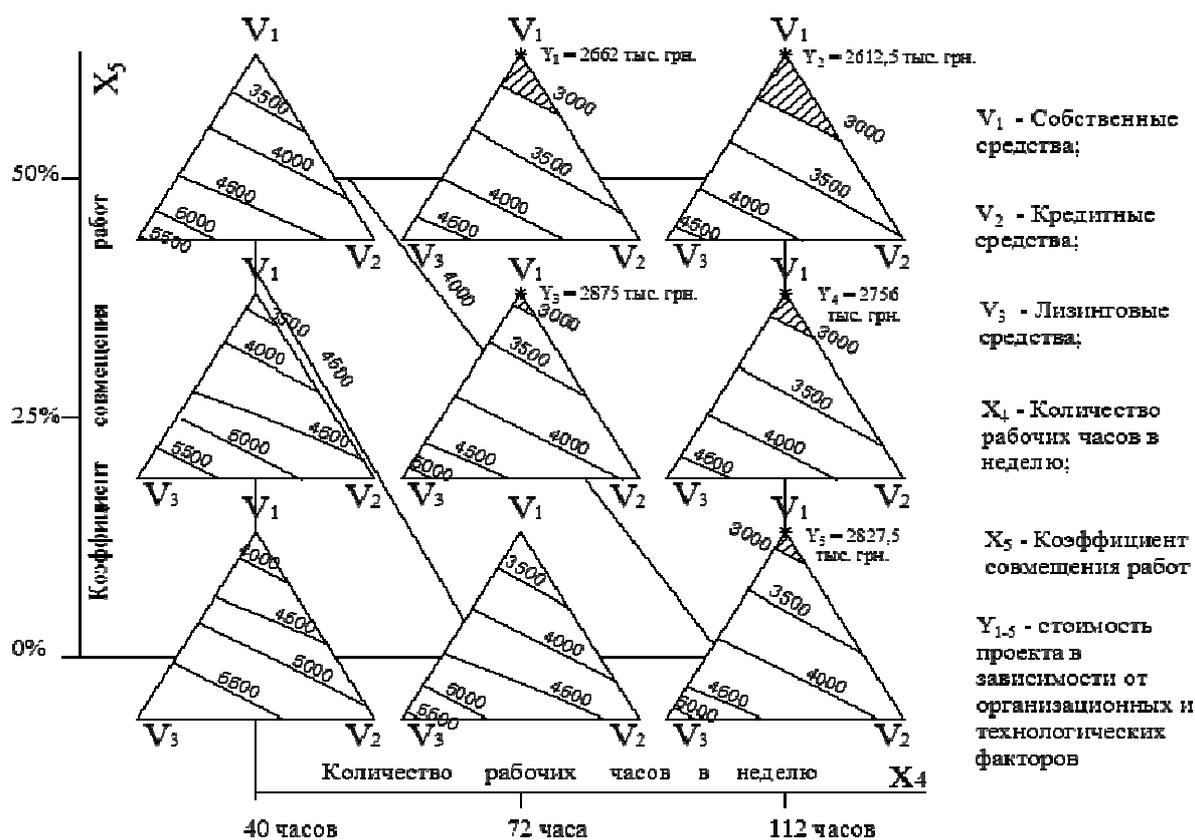


Рисунок 2 – График влияния факторов варьирования на стоимость проекта с ограничениями

Действия по выбору эффективной модели проекта перепрофилирования рекомендуется производить в следующей последовательности:

1. Определить конструктивные характеристики здания и состояние несущих конструкций, коммуникаций, инженерного оборудования.
2. Составить перечень работ, необходимых для перепрофилирования здания.
3. Определить и ввести в программу для управления проектами объемы работ, необходимые стройматериалы, оборудования, машины и механизмы.
4. Определить и ввести в программу нормативный состав исполнителей и их заработную плату, затраты на использование машин и механизмов.
5. Составить перечень показателей эффективности перепрофилирования здания, которые необходимо определить в процессе экспериментально-статистического моделирования.
6. Назначить варьируемые факторы и уровни их изменения относительно величин базового плана.
7. Произвести взаимную увязку работ во времени.
8. Построить план проведения численного эксперимента в соответствии с математической теорией планирования.
9. Выполнить необходимое количество вариантов проекта перепрофилирования с помощью программы по управлению проектами в соответствии с намеченным планом.

10. Определить аналитические зависимости показателей эффективности от варьируемых факторов в исследуемых граничных пределах с помощью программы SOMREX.

11. Построить графики аналитических зависимостей показателей эффективности от варьируемых факторов.

12. Выполнить анализ полученных моделей.

13. Выбрать эффективную модель проекта перепрофилирования в зависимости от имеющихся граничных условий на основе анализа моделей.

**Выводы.** 1. Для решения задачи выбора эффективных организационно-технологических решений перепрофилирования зданий необходимо использовать экспериментально-статистическое моделирование строительных процессов, а также компьютерные программы для управления проектами. 2. Выбор эффективной модели перепрофилирования зданий следует проводить в соответствии с алгоритмом или планом с целью логичного и исключающего ошибки достижения конечного результата. 3. Внедрение разработанной методики при перепрофилировании зданий позволяет выбирать эффективные модели проектов в зависимости от заданных ограничений (интенсивности финансирования, требуемых сроков строительства и т.п.). 4. Внедрение разработанной методики при реконструкции с перепрофилированием нескольких объектов в Одессе дало положительный результат. Разработанная методика позволяет выбирать эффективные организационно-технологические решения в зависимости от заданных ограничений и провести перепрофилирование здания с минимальными возможными затратами с учетом имеющихся условий. 5. Разработанная методика может быть использована для выбора эффективных моделей других строительных проектов.

**Литература.** 1. Топчий Д. В. Реконструкция и перепрофилирование производственных зданий. / Д. В. Топчий // Москва: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2008. – 144 с. – ISBN: 978-5-93093-556-1 2. Myers R. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments– 2nd ed. / R. Myers R., D. Montgomery // John Wiley & Sons, 2002. – 814 p. 3. 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. 4. Краковский Г.И. Планирование экспериментов / Г.И. Краковский, Г.Ф.Филаретов. // Минск: БГУ, 1982. – 757 с. 5. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский // М.: Финансы и статистика, 1981. - 263с. 6. 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.