

А. И. МЕНЕЙЛЮК, Л. В. ЛОБАКОВА

МЕТОДИКА ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

Представлена методика выбора эффективных организационно-технических решений 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. Также, данная методика может быть использована для различных строительных проектов.

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

Введение. В настоящее время проекты реконструкции и перепрофилирования являются одними из наиболее распространенных 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 его реконструкции. На промышленных предприятиях при техническом развитии возникают и накапливаются со временем несоответствия между строительными решениями прошлых лет и потребностями сегодняшнего дня. При управлении проектами перепрофилирования зданий целесообразно обратить внимание на выбор эффективных инженерных решений с целью сокращения продолжительности работ и уменьшения стоимости, что является актуальной задачей управления проектами в строительстве.

Анализ основных достижений и литературы. Перепрофилирование помещений устаревших заводов, фабрик уже много лет практикуется по всему миру. Существует большое множество жилых зданий, выставочных и бизнес центров, которые ранее были цехами фабрик и заводов. При реализации проектов перепрофилирования зданий на этапе планирования зачастую сталкиваются с проблемой выбора наиболее эффективной модели проведения работ.

В целом, рациональная организация процессов реконструкции должна обеспечивать выполнение работ в минимальные сроки и с минимальными финансовыми затратами. Выбор эффективных инженерных решений с целью сокращения продолжительности работ, уменьшения стоимости и выбора наиболее приемлемой интенсивности финансирования является актуальной задачей в любом строительном проекте. Для выбора оптимального варианта проведения проекта необходимо выполнить анализ эффективности моделей проекта при различных сочетаниях организационно-экономических параметров реализации проекта в соответствии с требованиями и техническим заданием.

В настоящее время, в научно-технической литературе результаты исследований, изучающие методики выбора эффективных организационно-технологических решений проведения строительно-монтажных работ по перепрофилированию объектов,

практически отсутствуют.

Цель исследования, постановка задачи. Целью исследований является представление методики выбора эффективных моделей проектов перепрофилирования зданий.

Материалы исследования. Для выбора эффективных организационно-технологических решений авторами разработан алгоритм ее выполнения. Методика выбора эффективных моделей проектов состоит из таких основных этапов:

- определение требований к проекту, составление технического задания в соответствии с особенностями проекта;
- планирование численного эксперимента (планирование сочетаний и уровней организационно-технологических параметров);
- разработка Иерархической Структуры Работ (WBS) и разработка расписания проекта;
- моделирование вариантов перепрофилирования здания в соответствии с принятым планом.

Выбор наиболее эффективной модели проекта, исходя из заданных ограничений.

На стадии планирования до начала процессов исполнения должны быть обозначены требования к проекту и составлено техническое задание в соответствии с особенностями проекта. 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 данных исследованиях это – сроки проекта, его стоимость и

интенсивность финансирования. После этого выполняется анализ и выбор факторов, оказывающих наибольшее влияние на выбранные показатели. В нашей работе 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]

Использование теории планирования эксперимента позволяет сократить количество проводимых экспериментов по сравнению с полнофакторной моделью. Например, использование теории планирования позволяет 243 эксперимента (5-факторный эксперимент на 3 уровнях) сократить до пятнадцати. Каждая из 15 моделей – это функция. Она 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. [3,4,5].

Пример пятифакторного эксперимента представлен в таблице 1.

Таблица 1 – План эксперимента и уровни варьируемых факторов

№ точки	Нормализованные значения факторов					Натурные значения факторов				
	v_1 Собственные средства	v_2 Кредитные средства	v_3 Лизинговые средства	X ₄ -Количество рабочих часов в неделю, часы	X ₅ -Коэффициент совмещения работ	v_1 Собственные средства, % от общей стоимости проекта	v_2 Кредитные средства, % от общей стоимости проекта	v_3 Лизинговые средства, % от общей стоимости проекта	X ₄ -Количество рабочих часов в неделю, часы	X ₅ -Коэффициент совмещения работ, %
1	0,00	1,00	0,00	-1	-1,0	0	100	0	40	0%
2	0.5	0,00	0.5	-0.11	-1,0	50	0	50	72	0%
3	1,00	0,00	0,00	-1	0,0	100	0	0	40	25%
4	0,00	0,00	1,00	-1	0,0	0	0	100	40	25%
5	0.5	0.5	0,00	-1	1,0	50	50	0	40	50%
6	0.5	0.5	0,00	-0.11	-1,0	50	50	0	72	0%
7	0.5	0,00	0.5	-0.11	0,0	50	0	50	72	25%
8	0,00	0.5	0.5	-0.11	1,0	0	50	50	72	50%
9	1,00	0,00	0,00	1	-1,0	100	0	0	112	0%
10	0,00	1,00	0,00	1	-1,0	0	100	0	112	0%
11	0,00	0,00	1,00	1	-1,0	0	0	100	112	0%
12	0.33(3)	0.33(3)	0.33(3)	1	0,0	33,3(3)	33,3(3)	33,3(3)	112	25%
13	1,00	0,00	0,00	1	1,0	100	0	0	112	50%
14	0,00	1,00	0,00	1	1,0	0	100	0	112	50%
15	0,00	0,00	1,00	1	1,0	0	0	100	112	50%

Разработка Иерархической Структуры Работ отображает отдельные задачи на пути к реализации всего проекта перепрофилирования, такие как проведение обследования технического состояния объекта перепрофилирования, проведение

демонтажных работ, устройство системы электроснабжения и другие задачи. Также на данном этапе происходит определение операций, определение последовательности операций, определение ресурсов

для выполнения операций, определение длительности операций и составление расписания проекта.

В соответствии с принятым планом эксперимента для исследуемого проекта было построено 15 различных моделей в виде диаграмм Ганта, отображающих 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. Пример фрагмента модели перепрофилирования здания представлен на рисунке 1.

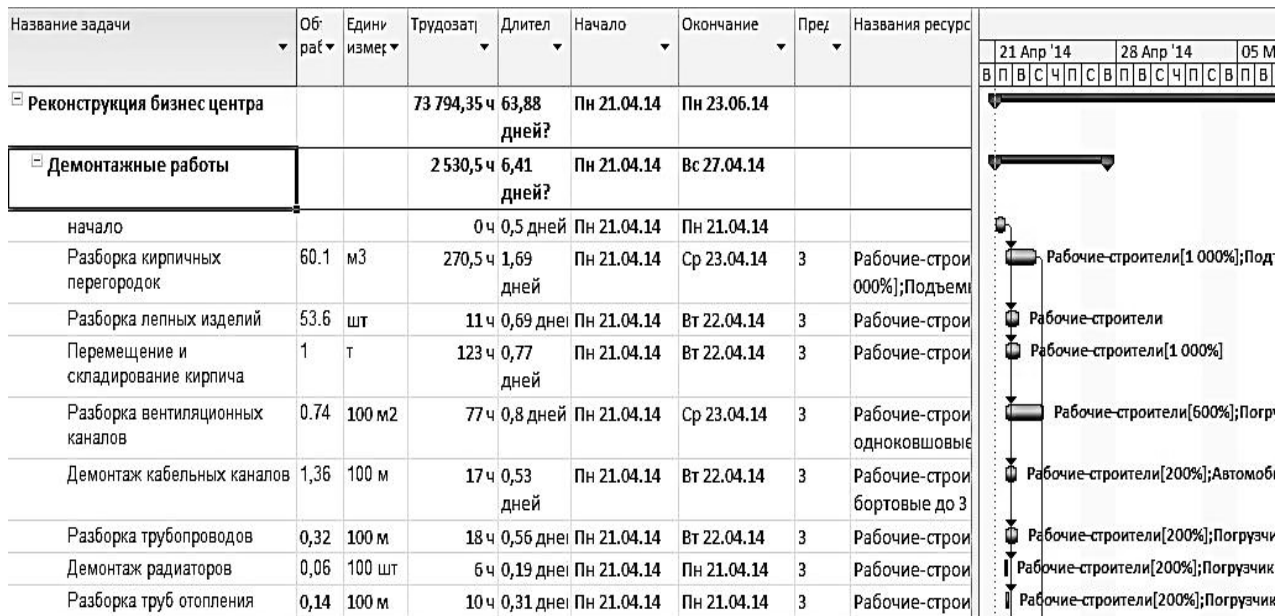


Рис. 1 – Фрагмент модели перепрофилирования здания в Microsoft Project

На данном этапе происходит определение значений заданных показателей эффективности при различных сочетаниях факторов.

Расчет моделей рекомендуется производить с помощью программы COMPEX, разработанной в Одесской государственной академии строительства и архитектуры. [6,7]

Для визуализации результатов исследования, содержащих три взаимозависимых фактора, использовались графики, которые называются тернарными. На рисунке 2 показан график, содержащий изолинии (линии одинаковых значений) показателя эффективности «стоимость».



$A = 3750$ тыс.грн.

$V_1 = 50\%$

$V_2 = 20\%$

$V_3 = 30\%$

* диаграмма построена при ($X_4 = 0$; $X_5 = 0$)

Рис. 2 – Пример тернарного графика (показатель «стоимость», тыс. грн.)

Показатель «стоимость» зависит от соотношения технологических факторов V_1 , V_2 , V_3 , выраженных в процентах. Для поиска уровня каждого из факторов некой точки А необходимо определить координаты по

линиям координатной сетки. Так, для искомой точки $A = 3750$ тыс. грн.: $V_1=50\%$; $V_2=20\%$; $V_3=30\%$). Это означает, что 50% от всей стоимости проекта –

собственные средства, 20% – кредитные и 30% – лизинговые.

Для анализа результатов численного эксперимента строятся экспериментально-статистические модели, описывающие влияние выбранных организационно-экономических факторов на исследуемый показатель. Следует отметить, что математический аппарат позволяет по полученным результатам эксперимента построить треугольники в любой точке в пределах исследуемой области, для любых сочетаний организационных факторов.

На рисунке 3 показаны зависимости показателя эффективности «Стоимость» от факторов V_1 (собственные средства), V_2 (кредитные средства), V_3 (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. ($V_1=0\%$; $V_2=0\%$; $V_3=100\%$; рабочее время $X_4=40$ часов в неделю; коэффициент совмещения работ $X_5=0\%$);

$Y_{\min} = 2527,5$ тыс. грн. ($V_1=100\%$; $V_2=0\%$; $V_3=0\%$; рабочее время $X_4=112$ часов в неделю; коэффициент совмещения работ $X_5=50\%$);

Для девяти рассматриваемых сочетаний значений организационных факторов достижение минимальных значений показателя «Стоимость» возможно при использовании такой схемы финансирования как собственные средства, максимальных – при использовании лизинговых средств.

Также, мы можем увидеть, что при увеличении коэффициента совмещения работ и количества рабочих часов в неделю стоимость уменьшается.

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. Таких же значений стоимости работ можно достичь, если количество рабочего времени $X_4=72$ часа в неделю, коэффициент совмещения работ $X_5=50\%$, $V_1=20\%$, $V_2=80\%$, $V_3=0\%$ или же $X_4=112$ часов в неделю, $X_5=0\%$, $V_1=55\%$, $V_2=35\%$, $V_3=10\%$. Но при $X_4=40$ часов в неделю, $X_5=0\%$, и при любых сочетаниях V_1 , V_2 , V_3 стоимость работ в 3500 тыс. грн. не возможна.

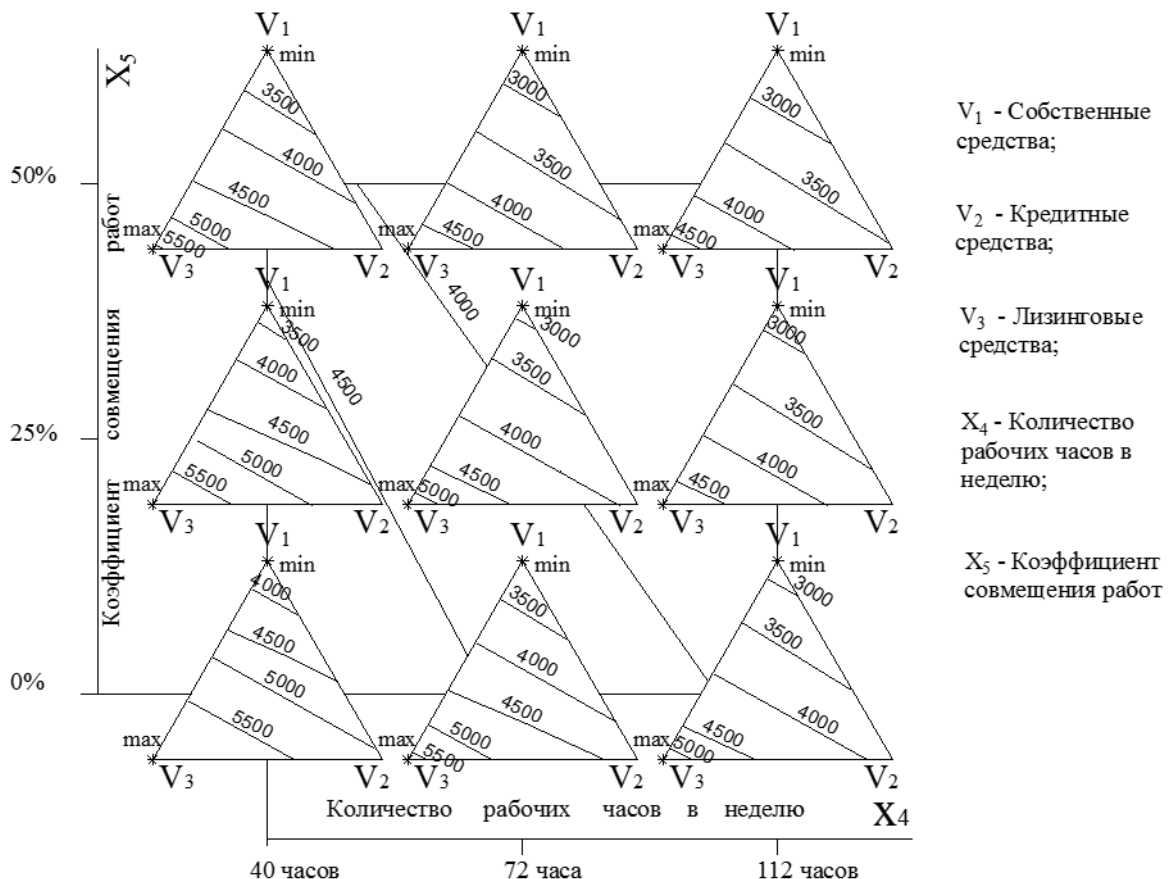


Рис. 3 – График влияния факторов варьирования на стоимость проекта (тыс. грн.)

После построения и анализа экспериментально-статистических моделей в соответствии с разработанной методикой необходимо выбрать наиболее эффективную модель.

С помощью графика на рисунке 3 можно выбрать эффективное организационно-технологическое

решение в зависимости от заданных ограничений. Это могут быть: интенсивность финансирования, стоимость проекта, наличие квалифицированных рабочих, машин, механизмов, материалов, требования по технике безопасности и охране труда.

Например, заданные ограничения: стоимость проекта не должна превышать 3 млн. грн., собственные средства заказчика проекта должны составлять 100 % стоимости проекта. На рисунке 4 заштрихованная область отвечает значениям стоимости проекта, которые меньше 3 млн. грн. Y_1 - Y_5 – стоимость проекта, в зависимости от варьирования организационных и технологических факторов, при

использовании только собственных денежных средств заказчика. В данном случае наименьшая стоимость проекта будет составлять 2527,5 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.

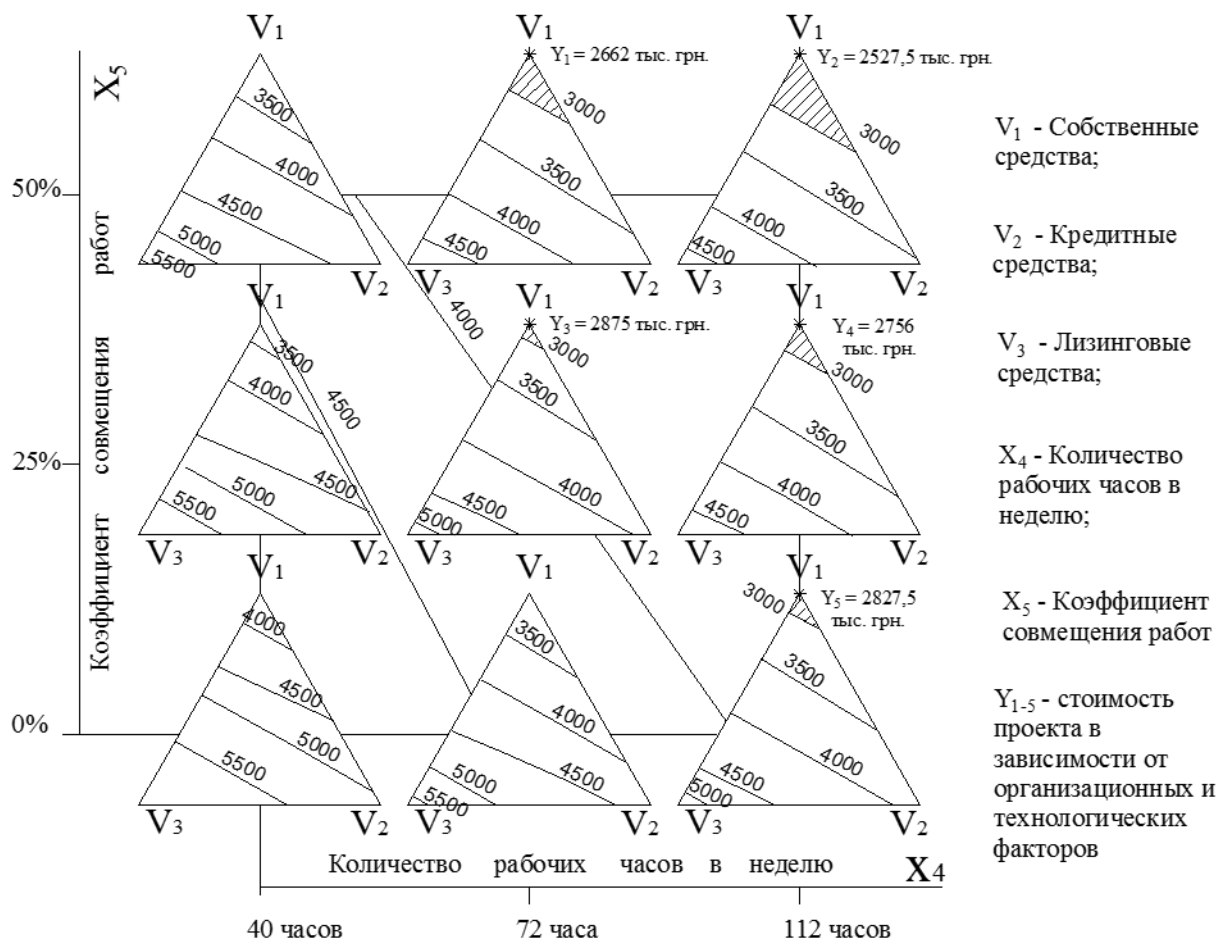


Рис. 4 – График влияния факторов варьирования на стоимость проекта с ограничениями

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

1. Составить WBS структуру проекта.
2. Определить и ввести в программу для управления проектами (например, Microsoft Project) проектные объемы работ и затраты труда рабочих.
3. Определить перечень необходимых стройматериалов, оборудования, машин и механизмов, затраты на их использование по каждому процессу, после чего ввести данные в эту же программу.
4. Составить перечень показателей эффективности производственных процессов, которые необходимо определить в процессе экспериментально-статистического моделирования.
5. Назначить варьируемые факторы и уровни их изменения относительно величин базового плана.

6. Определить нормативный состав исполнителей и их заработную плату, затем ввести данные в программу Microsoft Project.

7. Принять необходимое количество рабочего времени.

8. Произвести взаимоувязку работ во времени.

После ввода данных программа самостоятельно строит критический путь и определяет запасы по времени в базовой модели.

9. Выбрать план проведения численного эксперимента в соответствии с математической теорией планирования.

11. Построить необходимое количество вариантов проекта в соответствии с намеченным планом.

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

13. Построить графики этих зависимостей (для удобства использования).

14. Выполнить анализ полученных моделей.

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

16. После начала строительства в соответствии с выбранной моделью производить мониторинг производства работ.

17. В случае необходимости, корректировать выбранную модель или заменить ее в соответствии с изменениями условий по отношению к запланированным (изменение сроков, интенсивности финансирования, количества рабочих, машин, механизмов, оборудования и т.п.)

Выводы.

1. Выбор эффективной модели реализации проектов перепрофилирования зданий следует проводить в соответствии с алгоритмом или планом с целью логичного и исключающего ошибки достижения конечного результата.

2. Для решения задачи выбора эффективных организационно-технологических решений перепрофилирования зданий необходимо использовать экспериментально-статистическое моделирование строительных процессов, а также компьютерные программы для управления проектами.

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. Разработанная методика может быть использована для выбора эффективных моделей других строительных проектов.

Список литературы: 1. Топчий, Д. В. Реконструкция и перепрофилирование производственных зданий [Текст] / Д. В. Топчий. – Москва : АСВ, 2008. – 144 с. 2. Myers, R. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments [Text] / R. Myers, D. Montgomery. – 2nd ed. – John Wiley & Sons, 2002. – 814 p. 3. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука. – 1-е изд., 1971. – 283 с. – 2-е изд., 1976. – 279 с. 4. Налимов, В. В. Теория эксперимента [Текст] / В. В. Налимов. – М. : Наука, 1971. – 208 с. 5. Краковский, Г. И. Планирование экспериментов [Текст] / Г. И. Краковский, Г. Ф. Филаретов. – Минск : БТУ, 1982. – 757 с. 6. Вознесенский, В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях [Текст] / В. А. Вознесенский. – М. : Финансы и статистика, 1981. – 263 с. 7. Вознесенский, В. А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ [Текст] / В. А. Вознесенский, Т. В. Ляшенко, Б. Л. Огарков. – К. : Вища школа, 1989.–328. с.

References: 1. Topchiy, D. V. (2008). *Rekonstruktsiya i pereprofilirovaniye proizvodstvennykh zdaniy*. [Reconstruction and reprofiling of industrial buildings]. Moscow : Assotsiatsiya stroitelnykh vuzov (ASV), [in Russian]. 2. Myers, R., & Montgomery, D. (2002). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*– 2nd ed. John Wiley & Sons, [in English]. 3. Adler, Y. P., Markova, E. V., & Granovskiy, Y. V. (1971). *Planirovaniye eksperimenta pri poiske optimalnykh usloviy*. [Experiment planning at the search for optimal conditions]. Moscow : Nauka, [in Russian]. 4. Nalimov, V. V. (1971). *Teoriya eksperimenta*. [The theory of an experiment]. Moscow : Nauka [in Russian]. 5. Krakovskiy, G. I., & Filaretov, G. F. (1982). *Planirovaniye eksperimentov*. [Experiment planning]. Minsk : BTU [in Russian]. 6. Voznesenskiy, V. A. (1981). *Statisticheskie metody planirovaniya eksperimenta v tehniko-ekonomicheskikh issledovaniyakh*. [Statistical methods for experiment planning in the feasibility study]. Moscow : Finance and Statistics [in Russian]. 7. Voznesenskiy, V. A., Lyashenko, T. V., & Ogarkov, B. L. (1989). *Chislennyye metody resheniya stroitelno-tehnologicheskikh zadach na EVM*. [Numerical methods for the construction and of technological tasks on a computer]. Kyiv : Vischa shkola [in Russian].

Поступила (received) 23.11.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Менейлюк Александр Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры, г. Одесса; тел.: (048)7236151; e-mail: pr.mai@mail.ru.

Menelyuk Alexander – PhD, Professor, Head at the Department of Technology of building production in Odessa State Academy Civil Engineering and Architecture, Odessa; tel.: (048)7236151; e-mail: pr.mai@mail.ru.

Лобакова Лилия Вячеславовна – аспирант кафедры Технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры, г. Одесса; e-mail: liya_lobakova@mail.ru.

Lobakova Liliya – postgraduate student at the Department of Technology of building production in Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa; e-mail: liya_lobakova@mail.ru.