

УДК 69.003.12

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ
ПРОЕКТА УТЕПЛЕНИЯ ФАСАДОВ НА ЕГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ**

Бабий И.Н., к.т.н., доцент,
Каминская-Пинаева А.И., магистр,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
igor_babiy76@mail.ru

Аннотация. Определено, что технико-экономические показатели проекта термомодернизации возможно контролировать и оптимизировать с помощью предварительного моделирования организационно-технологических решений по утеплению фасадов. Исследованы зависимости изменения основных технико-экономических показателей проекта при использовании различных вариантов организационно-технологических решений по утеплению внешних ограждающих конструкций зданий. На основании ЭС-моделирования установлены минимальные и максимальные сроки производства работ по утеплению, а также изменения интенсивности финансирования проекта утепления фасадов «мокрым» способом.

Ключевые слова: утепление, моделирование, технико-экономические показатели, оптимизация, средства подмащивания.

**ВПЛИВ РІЗНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРОЕКТУ
УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ НА ЙОГО ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ**

Бабій І.М., к.т.н., доцент,
Камінська-Пінаєва А.І., магістр,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
igor_babiy76@mail.ru

Анотація. Визначено, що техніко-економічні показники проекту термомодернізації можливо контролювати і оптимізувати за допомогою попереднього моделювання організаційно-технологічних рішень по утепленню фасадів. Досліджені залежності зміни основних техніко-економічних показників проекту при використанні різноманітних варіантів організаційно-технологічних рішень по утепленню зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель. На підставі ЕС-моделювання встановлені мінімальні та максимальні терміни виконання робіт по утепленню, а також зміни інтенсивності фінансування проекту утеплення фасадів «мокрим» способом.

Ключові слова: утеплення, моделювання, техніко-економічні показники, оптимізація, засоби підмащування.

**INFLUENCE OF DIFFERENT ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL
SOLUTIONS FOR TECHNICAL AND ECONOMICAL INDICATORS BY PROJECT OF
HEAT INSULATION FACADES**

Babiy I., Ph.D., Assistant Professor,
Kaminskaya-Pinaeva A., master
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
igor_babiy76@mail.ru

Abstract. The article describes research dependence of changes technical and economic indicators of the project by using different variants of organizational and technological solutions during the thermomodernization of facades. We determined that the technical and economic indicators of project thermomodernization possible to control and optimize by using preliminary modeling organizational and technological solutions of thermal insulation facades. The minimum and maximum terms of works on warming, and changes in the intensity of financing the project facade insulation by "wet" method were established. The research based on the ES-modeling. All results are processed by means of experimental and statistical modeling in the program Compex. Were used results of numerical experiment for detection depending investigated parameters by variation of the organizational and technological factors. We determined meaningful organizational and technological factors. We found changing of indicators depending financing intensity by varying important factors and we have identified dependence change of the terms of the project on insulation facades by the method cemented insulation by varying organizational and technological factors.

Keywords: insulation, modeling, technical and economic indicators, optimization, building scaffoldings.

Введение. В наше время, в связи с резким удорожанием энергоресурсов и полным несоответствием внешних ограждающих конструкций жилых зданий современным нормативным требованиям по сопротивлению теплопередаче, существует острая необходимость в массовом утеплении фасадов зданий [1]. Здания, построенные во второй половине XX века имеют значение сопротивления теплопередаче внешних ограждающих конструкций примерно $0,5...0,7 \text{ м}^2 \times \text{К}/\text{Вт}$. Следовательно, почти в пять раз необходимо улучшить теплозащитные свойства стен. Этого можно достичь термомодернизацией внешних ограждающих конструкций [2-6]. К большому сожалению, процесс термомодернизации имеет бессистемный, хаотический характер, что приводит к увеличению сроков проектов по утеплению и, соответственно, их удорожанию. Это порождает необходимость исследований с целью оптимизации таких проектов. Немаловажными являются такие критерии эффективности проекта, как продолжительность производства работ и интенсивность финансирования, в сложившейся экономически нестабильной ситуации в нашей стране.

Цели и задачи. Основной целью исследований является оптимизация проектов утепления внешних ограждающих конструкций по сокращению сроков строительно-монтажных работ (СМР), а также определению влияния различных организационно-технологических схем на интенсивность его финансирования. Определены главные задачи – исследовать влияние организационно-технологических факторов на технико-экономические показатели проекта утепления внешних ограждающих конструкций.

Объекты и методы исследования. Объекты исследований – технология и организация строительно-монтажных работ при утеплении фасадов. Предмет исследования – модели организационно-технологических решений утепления внешних ограждающих конструкций системой скреплённой теплоизоляции. Задача определения зависимостей исследуемых показателей от варьируемых факторов решалась с использованием методов математического анализа. Построение календарных графиков производства работ по утеплению производилось в программе MS Project. При выполнении численного эксперимента использовались методы теории сокращённого планирования и оптимизации результатов. Обработка и анализ результатов, а также выбор эффективных моделей организационно-технологических решений по утеплению фасадов, выполнялись с использованием методов экспериментально-статистического моделирования в программе COMPEX, теории математической статистики, а также качественного, количественного и сравнительного анализа [7, 8].

Результаты исследований. При интерпретации результатов моделирования исходили из постулатов технико-экономической эффективности СМР. Основными из них, принятыми в исследованиях с использованием экспериментально-статистического моделирования, являются продолжительность работ и интенсивность финансирования, которые в резко изменяющихся рыночных условиях приобретают значительное влияние на процесс

выполнения строительно-монтажных работ. Критериями, по которым в дальнейшем будут предложены и интерпретированы результаты, являются минимизация и продолжительность строительства, а также оптимальная интенсивность финансирования в определённый период СМР. Планирование и реализация пятифакторного эксперимента осуществлялась с привязкой к объекту исследований, а именно элитному жилому комплексу «GreenWood». Площадь утепления составила 8558 м².

В эксперименте варьировались такие факторы как:

$v_1=50\pm 50\%$ – производство работ методом промышленного альпинизма;

$v_2=50\pm 50\%$ – производство работ с люлек;

$v_3=50\pm 50\%$ – производство работ с инвентарных строительных лесов;

$x_4=2\pm 1$ шт. – количество работающих бригад;

$x_5=5\pm 1$ дн. – количество рабочих дней в неделю.

Рассмотрим диаграммы вида «треугольники на квадрате». Такие диаграммы позволяют выбрать наиболее эффективное соотношение технологий производства высотных работ на утепляемом объекте. Интерпретация тернарных диаграмм показана на рисунке 1.

Распределение уровня свойства в пространстве факторов технологии и организации может рассматриваться как организационно-технологическое поле свойства в области Ω_x . Область Ω_x представляет собой, в нашем случае, квадрат нормализованных факторов x_4 ; x_5 ; причём $|x_i| \leq 1$, к которым по стандартным формулам нормируются симплексы взаимосвязанных переменных v_i .

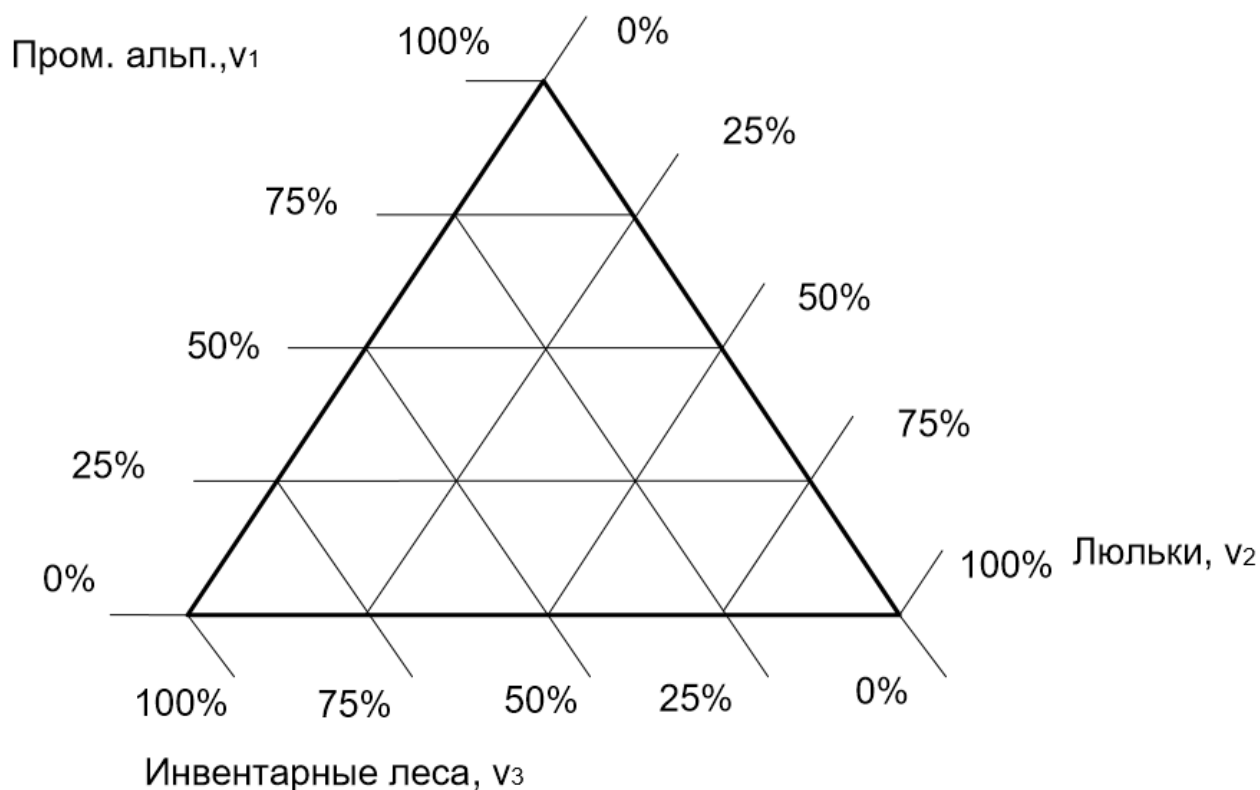


Рис. 1. Совмещение средств подмащивания в процентном соотношении для тернарного графика

Рассмотрим диаграмму зависимости показателя «Продолжительность работ» от факторов v_1 (использование промышленного альпинизма), v_2 (использование люлек), v_3 (использование лесов) для семнадцати различных организационных схем (рис. 2).

В результате расчетов установлено, что относительное отклонение составляет в среднем 0,002, что предопределяет малую ошибку эксперимента $s_3 = 1,7737$. Это, в свою очередь, предполагает выполнение исследований с достаточно большой точностью измерений.

В результате выполнения экспериментально-статистического моделирования в области

факторного пространства Ω_x была получена модель (1) ($s_3 = 2.918$), описывающая влияние организационных факторов, таких как количество рабочих дней в неделю (x_4) и количество бригад (x_5), а также степень совмещения средств подмащивания v_1, v_2, v_3 на продолжительность выполнения строительно-монтажных работ при утеплении жилого здания:

$$Y_{\text{прод}} = 168,3v_1 \pm 0v_1v_2 - 112,6v_1x_4 - 42,44v_1x_5 + 54,2x_4^2 + 25,3x_4x_5 \quad (1)$$

$$+ 161,5v_2 \pm 0v_1v_3 - 111,01v_2x_4 - 43,613v_2x_5 + 13,08x_5^2$$

$$+ 175,69v_3 \pm 0v_2v_3 - 114,603v_3x_4 - 46,406v_3x_5.$$

В рамках данной диаграммы функция достигает экстремумов в следующих точках:

$Y_{\text{min}} = [91 \text{ дн. } (V_1=0; V_2=1; V_3=0; X_4=+1; X_5=+1);$

$Y_{\text{max}} = [430 \text{ дн. } (V_1=0; V_2=0; V_3=1; X_4=-1; X_5=-1).$

Продолжительность утепления элитного жилого дома «GreenWood» – количество календарного времени от начала первой работы до окончания последней, с учётом принятой технологической и организационной схемы производства работ.

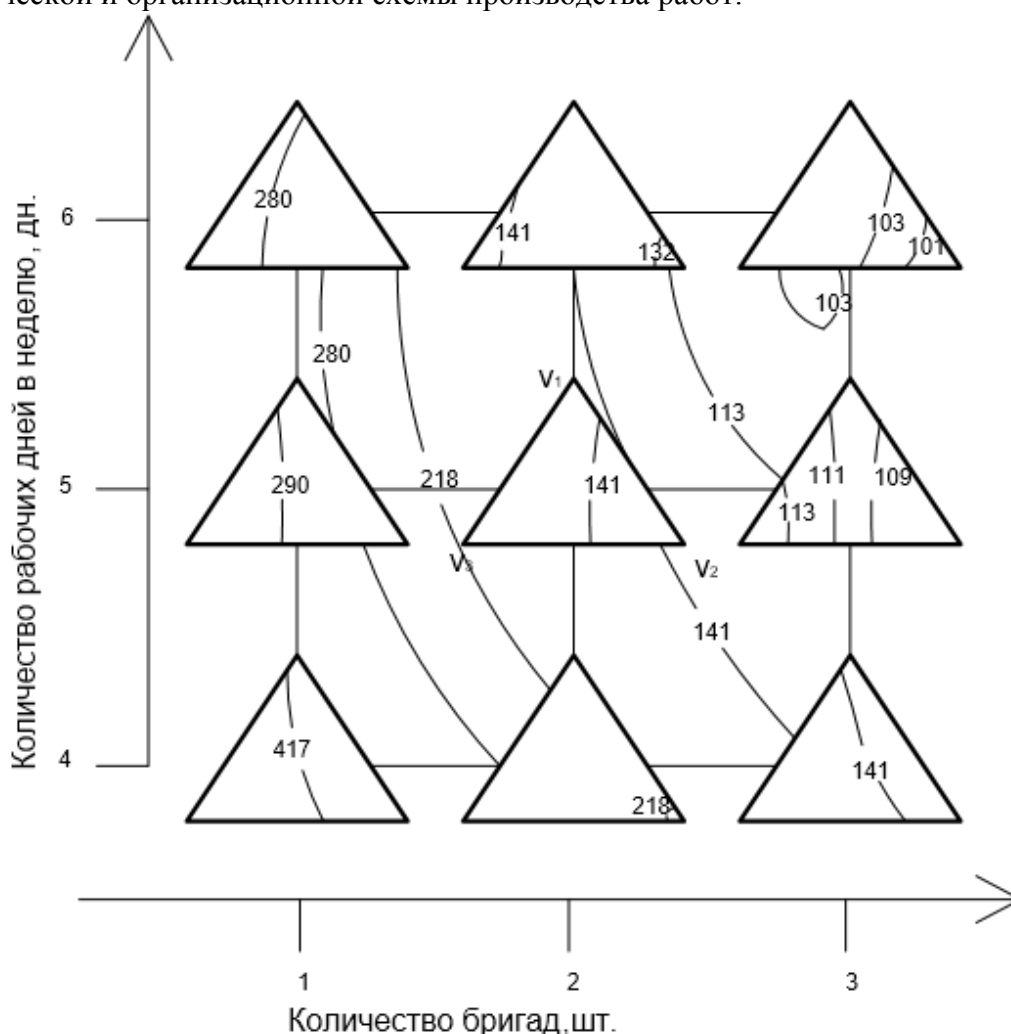


Рис. 2. Влияние организационно-технологических факторов на продолжительность проекта утепления фасадов здания «мокрым» способом

При рассмотрении графического отображения модели (1), (рис. 2) характер влияния технологических факторов на исследуемый показатель изменяется в зависимости от уровня степени совмещения работ (при его уменьшении продолжительность утепления увеличивается). Для достижения минимальных значений показателя «продолжительность работ» следует использовать технологическую схему использования люлек. В отличие от технологических схем с использованием лесов и промышленного альпинизма, она обладает более высокой управленческой гибкостью, т.е. возможно использование максимально допустимого совмещения работ, что не приемлемо при технологии с использованием лесов.

Производство работ методом промышленного альпинизма увеличивает продолжительность проекта утепления фасадов, что влечёт за собой дополнительные затраты на УПР. Поэтому необходимый результат по показателю «продолжительность» достигается при производстве работ с люлек, т.е. 0% совмещения работ утепления с различных схем подмачивания, а именно 100% использования люлек при организации работ в 6 рабочих дней и количестве бригад 3. Следует учесть, что, как указывалось ранее, бригада состоит из 25 рабочих разных специальностей. При этом ЭС-моделирование показало возможность использования 70 человек, вместо 75. Значение показателя «продолжительность работ» при этом будет составлять – 91 день.

При исследовании продолжительности работ по утеплению фасадов здания представлял интерес изучить влияние исследуемых факторов на интенсивность финансирования.

В результате выполнения экспериментально-статистического моделирования в области факторного пространства Ω_x была получена модель (2) ($s_3 = 2.918$), описывающая влияние организационных факторов, таких как количество рабочих дней в неделю (x_4) и количество бригад (x_5), а также степень совмещения средств подмачивания v_1, v_2, v_3 на интенсивность финансирования строительно-монтажных работ при утеплении жилого здания:

$$Y_{\text{инт.ф.}} = 238,45v_1 \pm 0v_1v_2 + 141,998v_1x_4 + 60,922v_1x_5 + 23,97x_4^2 + 50,04x_4x_5 + 197,344v_2 \pm 0v_1v_3 + 101,549v_2x_4 + 66,429v_2x_5 - 12,91x_5^2 + 234,835v_3 + 65,801v_2v_3 + 114,589v_3x_4 + 81,845v_3x_5 \quad (2)$$

Рассмотрим диаграмму зависимости показателя «интенсивность финансирования» от факторов для семнадцати различных организационных схем (рис. 3).

Характер влияния технологических факторов на показатель «интенсивность финансирования» изменяется в зависимости от уровня фактора количества рабочих дней в неделю. Рассмотрев диаграмму можно увидеть, что наименьшей интенсивностью финансирования в 100 тыс. грн/месяц обладает технология с использованием инвентарных лесов по отношению к другим технологическим схемам при минимальном количестве бригад, занятых в процессе утепления. Это объясняется тем, что при одной бригаде по продолжительности выполнения работ удлиняются сроки их выполнения.

Максимальный уровень интенсивности финансирования проекта по утеплению фасада достигается при использовании люлек, максимальным показателем количества бригад и рабочих дней в неделю. Это отразится на продолжительности работ. Интересно отметить, что при уменьшении количества рабочих дней в неделю, интенсивность финансирования все больше зависит от совмещения использования люлек и инвентарных лесов в соотношении $v_2 : v_3 = 60:40$. Эта тенденция резко меняется с ростом количества бригад.

Выводы. В условиях роста цен на энергоресурсы необходимо массовое проведение термомодернизации внешних ограждающих конструкций существующих жилых зданий, в связи с их несоответствием нормативным требованиям.

Процесс термомодернизации в нашей стране имеет бессистемный и хаотический характер, что приводит к удорожанию и увеличению сроков проекта. Для его оптимизации необходимы предварительное планирование и качественное управление проектом на всех этапах производства работ.

Для достижения минимальных значений продолжительности проекта утепления следует использовать технологическую схему производства работ с люлек, при организации работ в 6 рабочих дней и количестве задействованных бригад 3. ЭС-моделирование показало возможность использования 70 человек, вместо 75. Продолжительность работ при этом будет составлять 91 день.

Максимальный уровень интенсивности финансирования проекта по утеплению фасада достигается при использовании люлек, максимальным показателем количества бригад и рабочих дней в неделю. Это отразится на продолжительности работ. Наименьшей интенсивностью финансирования в 100 тыс. грн./месяц обладает технология утепления с инвентарных лесов по отношению к другим технологическим схемам, при минимальном количестве бригад.

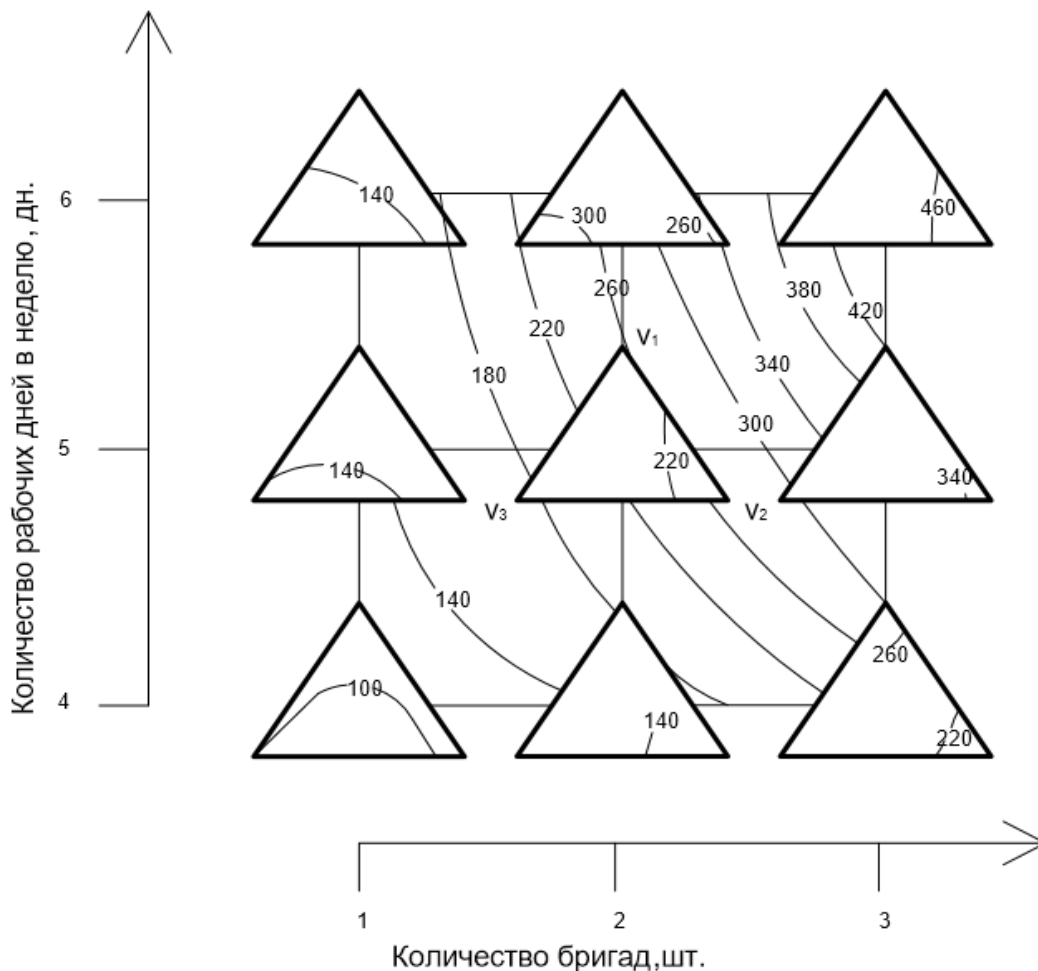


Рис. 3. Влияние организационно-технологических факторов на интенсивность финансирования проекта утепления фасадов здания «мокрым» способом

Литература

1. Фаренюк Г.Г. Особенности оценивания энергоэффективности проектов жилых домов / Г.Г. Фаренюк, Г.М. Агеева // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, 2010. – №5 (75). – С.13-17.
2. Меньлюк А.И. Современные фасадные системы / А.И. Меньлюк, В.С. Дорофеев, Л.Э. Лукашенко, В.Г. Соха и др. под ред. Меньлюка А.И. – К.: Освіта України, 2008. – 339 с.
3. Табунщиков Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений / Ю.А. Табунщиков, Д.Ю. Хромец, Ю.А. Матросов. – М.: Стройиздат, 1986. – 378 с.
4. Кривенко П.В. Состояние и перспективы использования внешних теплоизоляционно-отделочных систем жилых зданий в Украине с взглядом на Европейские нормы / П.В. Кривенко, В.П. Ильин, Г.С. Ростовская // Сборник научных работ. – Винница, 2006. – С.25-29.
5. Чернявський В.В. Теплоізоляційно-опоряджувальні фасадні системи як засіб термомодернізації житлового фонду України / В.В. Чернявський, О.І. Юрін, Г.Г. Фаренюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2008.– Вип. 17.– С.365 – 372.
6. Вознесенский В.А. Принятие решений по статистическим моделям / В.А. Вознесенский, А.Ф. Ковальчук. – М.: Статистика, 1978. – 192 с.
7. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 328с.
8. Вознесенский В.А. Компьютерное материаловедение, экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация композиционных строительных материалов / В.А. Вознесенский // Строительство в России: Прогресс науки и техники. – М.: РИА. – 1993. – С. 97-101.

Стаття надійшла 4.09.2016