

УДК 69.032.2:69.056.55

А. М. ЮГОВ, О. Г. ЛИФАНОВ, А. С. КАРПЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОЗВЕДЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНО-МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЛИВКИ ЭТАЖА

Аннотация. Представленная статья посвящена вопросам, которые связаны с организационно-технологическими методами возведения многоэтажных каркасных монолитных зданий. Монтаж многоэтажных каркасных монолитных зданий может выполняться различными методами возведения, что необходимо учитывать при выборе технологического процесса.

Ключевые слова: комплексная заливка этажа, совмещенное бетонирование, планирование эксперимента, регрессионный анализ, полный факторный эксперимент, технико-экономические показатели.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В результате анализа научных источников, нормативной базы, типовых подходов, текущей технической документации и результатов исследований по возведению монолитных многоэтажных каркасных зданий наблюдается применение одной и той же принципиальной схемы организационно-технологического решения – раздельного возведения горизонтальных и вертикальных конструкций.

Данное организационно-технологическое решение приводит к:

- разрыву процесса бетонирования;
- возникает необходимость создания выпусков арматуры вертикальных конструкций для дальнейшего соединения;
- на возведение одного этажа необходимы два технологических перерыва.

А что если принципиальную схему попробовать изменить на нестандартную – т. н. схему совместного возведения горизонтальных и вертикальных конструкций (в которой заливка бетонной смеси одного этажа выполняется за один подход (прием), вертикальных и горизонтальных конструкций совместно). Процесс возведения монолитных многоэтажных каркасных зданий должен быть наиболее рациональным с учетом технико-экономических показателей и обеспечивать прочность, надежность и устойчивость сооружения [1, 2]. Выбор рационального метода возведения выполняется с целью обеспечения стабильности и безопасности производственного процесса.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Заявленная статья основана на результатах теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области возведения монолитных многоэтажных каркасных зданий [3] и нормах при проектировании [4, 5].

ЦЕЛИ

Целью исследования является выбор рационального организационно-технологического процесса возведения многоэтажных каркасных монолитных зданий на основе комплексной заливки этажа с целью повышения выработки, снижения трудоемкости и продолжительности строительства способом математического моделирования, определения факторов, их значимости.

© А. М. Югов, О. Г. Лифанов, А. С. Карпенко, 2018

В строительстве многоэтажных зданий, недавно преимущественно использовали сборный железобетон. Сегодня, с учетом возможных объёмно-планировочных решений, наиболее успешным стало монолитное строительство.

При рассмотрении способов возведения ж/б зданий наблюдается различие в применении системы опалубки: инвентарные – мелкощитовые, крупнощитовые, блочные, системы, разработанные разными фирмами, которые мало чем отличаются. Но технология возведения, как правило, используется одна и та же. Сначала заливают вертикальные конструкции, а потом горизонтальные. Поэтому вопрос состоит в том, какой организационно-технологический метод наиболее эффективен. Для оптимизации технологического решения задачи предлагается рассмотреть два различных организационно-технологических процесса возведения многоэтажных зданий с применением одной и той же опалубочной системы, одинаковыми условиями работы, оборудованием, механизмами. Отличие двух методов заключается в том, что в первом случае применяется последовательное возведение вертикальных и горизонтальных конструкций. А во втором случае возведение горизонтальных и вертикальных конструкций производится одновременно (совмещенно). Возведение зданий с помощью технологии комплексной заливки этажа уже имеет опыт в мировой практике, но в нашей стране такая технология применена не была.

Для решения задач и выявления рационального и экономически наиболее эффективного организационно-технологического процесса возведения монолитных многоэтажных зданий воспользуемся методом планирования эксперимента – а именно – регрессионным анализом.

Регрессия – это закон изменения условного математического ожидания выходной величины в зависимости от изменения входной величины [6].

Общие виды уравнения регрессии имеют такой вид: $y = F(x) + E$, при линейной зависимости уравнение регрессии имеет вид:

$$F(x, y) = \alpha x + \alpha_y,$$

где α – коэффициенты регрессии;
 x – фактор, который влияет на отклик;
 y – отклик.

При разработке математической модели в первую очередь необходимо задаться целью, а именно какой отклик мы хотим получать, зная влияющие факторы. А уже после необходимо определить факторы, которые предположительно влияют на исходный результат (отклик) [7]. Перед разработкой плана эксперимента были выявлены факторы, влияющие на выработку, сроки возведения и удельную трудоемкость. При возведении монолитного каркаса к числу таких факторов относятся: площадь этажа, (m^2), высота этажа (m), выбранный способ бетонирования. При построении математической модели был осуществлен переход от натурального значения фактора к кодированному (табл. 1).

Таблица 1 – Кодирование факторов

№ п/п	Обозначение фактора	Физический смысл фактора	Ед. изм.	Интервал варьирования	Уровни факторов		
					-1	0	+1
1	X_1	Площадь этажа	m^2	918	324	1 242	2 160
2	X_2	Высота этажа	m	0,3	2,7	3	3,3
3	X_3	Организац.-технологич. метод	ед.	0,5	0	0,5	1

где X_3 – организационно-технологический метод, на уровне (-1) принято значение 0-метод комплексного возведения вертикальных и горизонтальных конструкций, а на уровне (+1) принято значение 1-метод последовательного возведения вертикальных и горизонтальных конструкций многоэтажных каркасных монолитных зданий.

Реализация полного факторного эксперимента (ПФЭ) при варьировании всех факторов на двух уровнях потребовала проведения восьми опытов. С целью оценки чистой ошибки эксперимента план был реплицирован, результаты репликации с двумя параллельными опытами приведены в табл. 2. Общий вид линейного уравнения регрессии с учетом взаимодействия факторов:

Таблица 2 – Матрица планирования ПФЭ с учетом взаимодействия факторов

№ опыта	Факторы (кодированные значения)								Переменная состояния (отклик, выработка), м ³ /дн.			Оценка дисперсии S ² y _i
									Опыт 1	Опыт 2	Среднее	
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	Y ₁	Y ₂	Y _{ср}	
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	13,88	12,82	13,35	0,5618
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	30	31	30,5	0,5
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	14,56	13,44	14	0,6272
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	28,7	27,82	28,26	0,3872
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	9,8	9,26	9,53	0,1458
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	26,6	27,35	26,975	0,28125
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	9,7	9,2	9,45	0,125
8	1	1	1	1	1	1	1	1	26,28	25,57	25,925	0,25205

$$Y(x_1, x_2, x_3) = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k \sum_{p=j+1}^k b_{ijp} x_i x_j x_p,$$

где b_0 – свободный член;
 b_i – коэффициент при линейных членах, отражающий влияние i -го фактора на функцию отклика;
 b_{ij} – коэффициент при членах, отображающих парные линейные взаимодействия,
 b_{ijp} – коэффициент при члене, отображающее линейные взаимодействия трех факторов,
 k – число входных параметров.

Таблица 3 – Значения коэффициентов уравнения регрессии

b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
19,74875	8,16625	-0,34	-1,77875	-0,4825	0,31375	0,0575	0,24
Значим	Значим	Значим	Значим	Значим	Значим	Не значим	Значим

Определим коэффициенты уравнения регрессии, представлены в табл. 3.

После проведения всех проверок сделаем выводы: дисперсии однородны, все коэффициенты модели, кроме b_{23} , являются значимыми, (значит коэффициент b_{23} в уравнение регрессии не включаем), по таблице распределения Фишера при уровне значимости $\alpha = 0,05$ – модель адекватна. Запишем полученное уравнение регрессии:

$$Y = 19,7488 + 8,16625X_1 - 0,34X_2 - 1,77875X_3 - 0,4825X_1X_2 + 0,31375X_1X_3 + 0,24X_1X_2X_3.$$

Для записи математической модели в реальных физических величинах произведем обратный переход от стандартизованного масштаба к натуральному, получив, таким образом окончательный вид линейной модели [8]:

$$\begin{aligned} \tilde{Y} = & 19,7488 + 8,16625 \left(\frac{\tilde{x}_1 - 1242}{918} \right) - 0,34 \left(\frac{\tilde{x}_2 - 3}{0,3} \right) - 1,77875 \left(\frac{\tilde{x}_3 - 0,5}{0,5} \right) - 0,4825 \left(\frac{\tilde{x}_1 - 1242}{918} \right) \left(\frac{\tilde{x}_2 - 3}{0,3} \right) + 0,31375 \left(\frac{\tilde{x}_1 - 1242}{918} \right) \left(\frac{\tilde{x}_3 - 0,5}{0,5} \right) + \\ & + 0,24 \left(\frac{\tilde{x}_1 - 1242}{918} \right) \left(\frac{\tilde{x}_2 - 3}{0,3} \right) \left(\frac{\tilde{x}_3 - 0,5}{0,5} \right) \end{aligned}$$

С помощью полученного уравнения регрессии построим графики зависимости и проанализируем их (рис. 1–3).

ВЫВОДЫ

Исследование альтернативных методов возведения монолитных многоэтажных каркасных зданий показало, что наиболее эффективным является метод совместной заливки этажа.

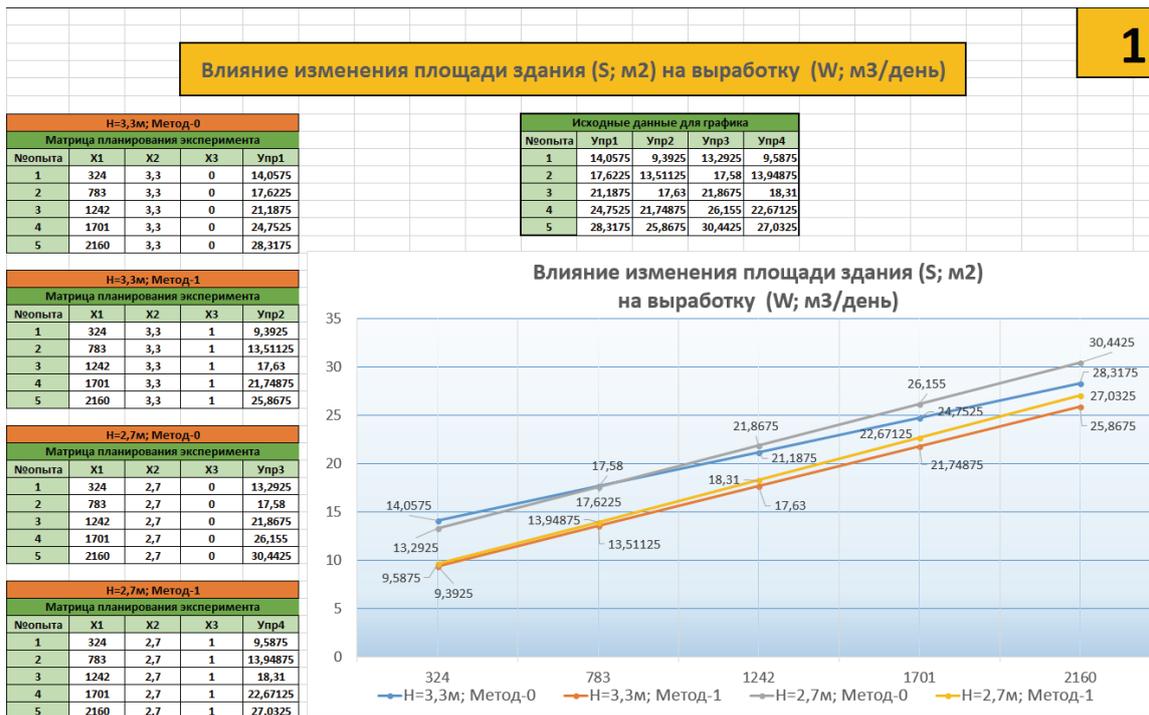


Рисунок 1 – Влияние изменения площади здания на выработку.

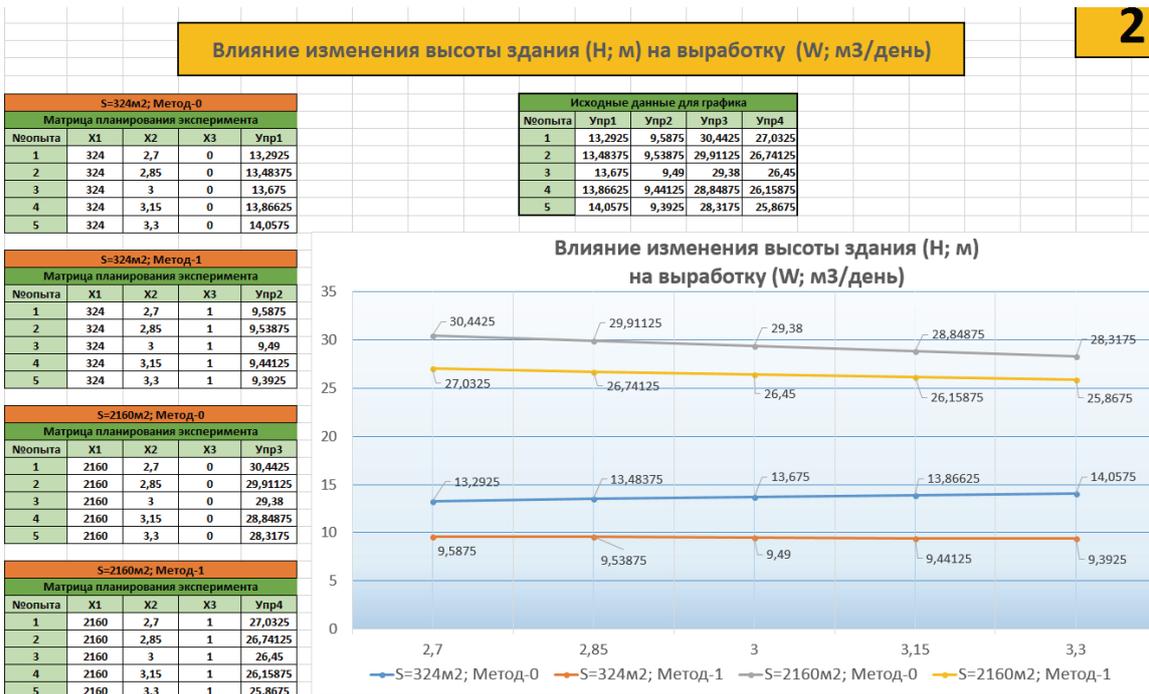


Рисунок 2 – Влияние изменения высоты здания на выработку.

Анализ полученного уравнения регрессии и построенных графиков определил, что самым влиятельным фактором является площадь этажа здания, при увеличении площади выработка повышается; метод совместной заливки этажа –0 – эффективнее, чем метод последовательного возведения вертикальных и горизонтальных конструкций –1 в 1,77 раза; самым незначительным фактором является высота этажа, при увеличении высоты выработка понижается, но при площади приблизительно до 800 м² увеличение высоты этажа оказывает положительное влияние на функцию отклика.

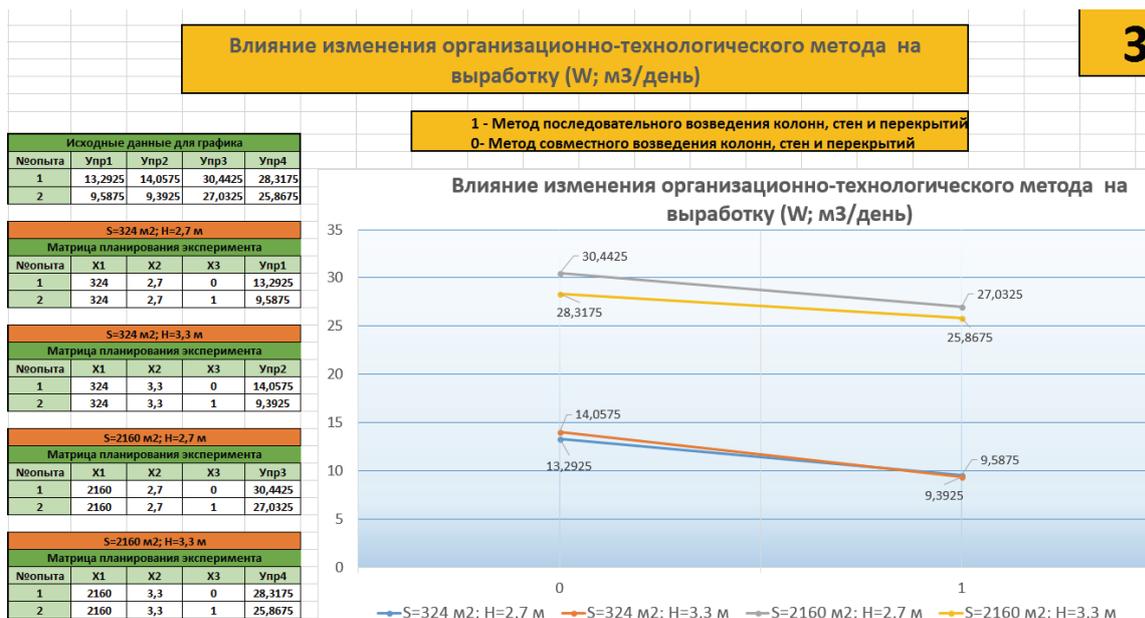


Рисунок 3 – Влияние изменения организационно-технологического метода на выработку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусаков, А. А. Выбор проектных решений в строительстве [Текст] / А. А. Гусаков, Э. П. Григорьев, О. С. Ткаченко и др. – Под ред. А. А. Гусакова. – М. : Стройиздат, 1982. – 268 с.
2. СП 48.13330.2011 Организация строительства [Текст]. – Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. – Введ. 2011-05-20. – М. : Минрегион России, 2011. – 25 с.
3. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции [Текст]. – Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. – Введ. 2013-07-01. – М. : Минрегион России, 2013. – 293 с.
4. СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. – Введ. 2011-05-20. М. : Минрегион России, 2011. – 40 с.
5. Спирин, Н. А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента [Текст] / Н. А. Спирин, В. В. Лавров. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. – 257 с.
6. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов [Текст] / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер. – Пер. с нем. – М. : Мир, 1977. – 552 с.
7. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 280 с.

Получено 03.04.2018

А. М. ЮГОВ, О. Г. ЛИФАНОВ, А. С. КАРПЕНКО
 ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО
 ПРОЦЕСУ ЗВЕДЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ КАРКАСНО-МОНОЛІТНИХ
 БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНОГО ЗАЛИВАННЯ ПОВЕРХУ
 ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Надана стаття присвячена питанням, які пов'язані з організаційно-технологічними методами зведення монолітних багатоповерхових каркасних будівель. Монтаж монолітних багатоповерхових каркасних будівель може виконуватися різними методами зведення, що необхідно враховувати при виборі технологічного процесу.

Ключові слова: комплексне заливання поверху, поєднане бетонування, планування експерименту, регресійний аналіз, повний факторний експеримент, техніко-економічні показники.

ANATOLY YUGOV, OLEG LIFANOV, ANASTASYA KARPENKO
THE CHOICE OF RATIONAL ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL
PROCESS OF CONSTRUCTION OF MULTI-STOREY FRAME-MONOLITHIC
BUILDINGS THROUGH AN INTEGRATED POURING THE FLOOR

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The presented article is devoted to the issues related to organizational and technological methods of construction of multi-storey frame monolithic buildings. Installation of multi-storey frame monolithic buildings can be performed by various methods of construction, which must be taken into account when choosing the process.

Key words: the complex shading of the floor, combined concreting, design of experiments, regression analysis, full factorial design, technical and economic indicators.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция, усиление и демонтаж строительных металлических конструкций, технология и организация работ при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Лифанов Олег Григорьевич – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий.

Карпенко Анастасия Сергеевна – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: возведение многоэтажных монолитных зданий с применением несъемных опалубочных систем.

Югов Анатолій Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування, монтаж, експлуатація, технічна діагностика, оцінка технічного стану, реконструкція, посилення та демонтаж будівельних металевих конструкцій, технологія і організація робіт, при будівництві і реконструкції будівель і споруд.

Ліфанов Олег Григорович – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: зведення багатоповерхових каркасно-монолітних будівель.

Карпенко Анастасія Сергіївна – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: зведення багатоповерхових монолітних будівель із застосуванням незнімних опалубних систем.

Yugov Anatoly – D. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: designing, assembling, exploitation, technical diagnostics, estimation of technical stare, reconstruction, reinforcement and dis mantled of building metal constructions, construction engineering and management, white building and reconstruction of buildings and structures.

Lifanov Oleg – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: construction of multi-storey frame-monolithic buildings.

Karpenko Anastasya – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: construction of multi-storey monolithic buildings with application of non-removable formwork systems.