

ПБ
С
3'2016

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ



**ДЕРЖАВНА КОРПОРАЦІЯ
«УКРМОНТАЖСПЕЦБУД»**

**ТОВ «УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СТАПЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ
ІМ. В.М. ШИМАНОВСЬКОГО»**

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 17750-6600 ПР від 07.04.2011 р.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР
Адріанов В.П.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР
Лукашевич Т.І.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Абрашкевич Ю.Д., д.т.н., проф.
Беркута А.В., к.е.н.
Голоднов О.І., д.т.н., проф.
Гончаренко Д.Ф., д.т.н., проф.
Гордеев В.М., д.т.н., проф.
Гуляев В.І., д.т.н., проф.
Єгоров Є.А., д.т.н., проф.
Кваша В.Г., д.т.н., проф.
Корольов В.П., д.т.н., проф.
Лантух-Лященко А.І., д.т.н., проф.
Лобанов Л.М., академік НАНУ,
д.т.н., проф.
Мущанов В.П., д.т.н., проф.
Оглобля О.І., д.т.н., проф.
Пасечнюк В.Л.
Пічугін С.Ф., д.т.н., проф.
Стоянов В.В., д.т.н., проф.
Шимановський О.В., член-кор. НАНУ,
д.т.н., проф.

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА на 2015 — 2016 роки

Абель Д., д.т.н., проф. (США)
Агош З., д.т.н., проф. (Словаччина)
Белоев М., к.т.н. (Болгарія)
Ведяков І.І., д.т.н., проф. (Росія)
Грінченко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Зюлко Є., д.т.н., проф. (Польща)
Кавагучі М., д.т.н., проф. (Японія)
Каравайченко М.Г., д.т.н., проф. (Росія)
Като Ш., д.т.н., проф. (Японія)
Кульбах В., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Естонія)
Лан Т., д.т.н., проф. (Китай)
Назаров Ю.П., д.т.н., проф. (Росія)
Новак А., д.т.н., проф. (США)
Розерт Х., д.т.н., проф. (Німеччина)
Сидорович Є.М., д.т.н., проф. (Білорусь)
Спарлінг Б., д.т.н., проф. (Канада)
Трощенко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Тулебаєв К.Р., д.т.н. (Казахстан)
Янковяк Р., д.т.н., проф. (Польща)



ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

Виходить 4 рази на рік

Заснований у листопаді 2007 року

ЗМІСТ

НОРМАТИВНА БАЗА

А.В. Шимановский, С.М. Кондра

ОБ ОДНОМ АСПЕКТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК
НА ВЫСОТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕВРОКОДА 2

НАУКА – ВИРОБНИЦТВО

В.И. Колчунов, И.А. Яковенко, Е.А. Дмитренко

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ
СЦЕПЛЕНИЯ БЕТОНА И АРМАТУРЫ В ПК ЛИРА-САПР 6

А.Л. Никифоров, И.А. Менейлюк, М.Н. Ершов

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОТИВОАВАРИЙНЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ РЕКОНСТРУКЦИИ 16

ОБ'ЄКТИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Г.М. Агєєва

ОБ'ЄКТИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ –
ВИСОТНІ АКЦЕНТИ АРХІТЕКТУРИ АЕРОПОРТІВ 20

ПРОЕКТУВАННЯ

**А.Ю. Разумов, С.В. Каргаполов, Д.А. Курочкин,
Р.В. Олейник, И.К. Амельчя, И.А. Ведмедь**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕСТАНДАРТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БУНКЕРОВ ХРАНЕНИЯ
ДРОБЛЕННОЙ РУДЫ ДЛЯ СЕКЦИИ № 9 ОАО «ПОЛТАВСКИЙ ГОК». 25

РЕКОНСТРУКЦІЯ

Д.Ф. Гончаренко, О.В. Старкова, Д.А. Бондаренко, А.А. Гармаш

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД РЕМОНТА
И ВОССТАНОВЛЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ТОННЕЛЕЙ 33

ЕЛЕКТРОМЕРЕЖЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

Ю.Н. Прядко, Н.В. Прядко

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ ОПОРЫ
ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 37

ПРОСТОРОВІ КОНСТРУКЦІЇ

Е.И. Гезенцев

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ
ТЕРМОУПРОЧНЕННЫХ СТАЛЕЙ В КОНСТРУКЦИЯХ КОЖУХОВ
ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ 43

ЮВІЛЕЇНІ ДАТУ

ГОРДЕЕВ ВАДИМ МИКОЛАЙОВИЧ (до 80-річчя від дня народження)

Постановою президії ВАК України від 18.11.2009 р. № 1-05/5 журнал внесено
до переліку наукових фахових видань із технічних наук

УДК 658.511:69.055

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОТИВОАВАРИЙНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ РЕКОНСТРУКЦИИ

В статье приведены результаты экспериментально-статистического моделирования и оптимизации проекта противоаварийных мероприятий инженерного сооружения на примере радиобашни им. Шухова. Построены зависимости исследуемых показателей от конструктивного решения противоаварийных сооружений и технологических факторов. Сделан выбор эффективного конструктивного решения временных несущих элементов радиобашни, предусмотренных проектом противоаварийных мероприятий. Определены технологические условия производства строительно-монтажных работ, оптимальные по техническим и финансовым показателям.

The article presents the results of experimental and statistical modeling and optimization of the emergency measures project for engineering structures on the example of Shukhov radio-tower. The dependences of the studied parameters of the design solutions upon emergency facilities and technological factors are received. Effective constructive solutions of temporary bearing elements of the radio tower provided by the emergency measures project are chosen. Technological conditions of the production of construction and installation works which provide the best technical and financial performance are defined.

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

Большая часть высотных инженерных сооружений в Украине и за ее пределами эксплуатируется десятки лет и более. Многие из них требуют проведения ремонтно-восстановительных работ, а некоторые – противоаварийных. Существующие варианты выполнения работ по реконструкции характеризуются различными стоимостью и сроками их выполнения. Специфика некоторых объектов требует определенного графика работ как, например, 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 указанные работы требуют моделирования и последующей оптимизации по наиболее важным критериям.

Использование традиционных методов моделирования строительных процессов не дает возможности оценить эффективность вариантов организационно-технологических решений. Моделирование таких вариантов и анализ экспериментально-статистических моделей позволит определить лучшее решение по выбранным критериям эффективности.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является выбор конструктивно-технологических решений противоаварийных мероприятий объектов реконструкции на примере радиобашни им. Шухова по показателям длительности и стоимости проведения работ. Для достижения поставленной цели необходимо разработать алгоритм выбора конструктивно-технологических решений, провести числен-



А.Л. Никифоров

аспирант кафедры технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры



И.А. Менейлюк

заместитель директора по производству ООО «Гринвуд», к.т.н., г. Одесса



М.Н. Ершов

заместитель заведующего кафедрой технологии и организации строительного производства Московского государственного строительного университета, к.т.н., профессор

ный эксперимент и построить аналитические и графические зависимости исследуемых показателей от конструктивного решения противоаварийных сооружений и технологических факторов и выбрать эффективное конструктивное решение противоаварийных сооружений и вариант производства работ.

Для решения задачи оптимизации проекта противоаварийных мероприятий радиобашни им. Шухова был проведен численный эксперимент по моделированию вариантов организационных решений этих работ с использованием теории оптимального планирования эксперимента, экспериментально-статистического мо-

делирования, современного программного обеспечения для построения календарно-сетевых моделей строительного производства [1, 2, 3].

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

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

Объектом оптимизационного исследования является процесс возведения временных несущих конструкций. Их назначение – поддерживать аварийное сооружение до и во время реконструкции. Оптимизация конструктивно-технологического решения направлена на удешевление и ускорение процесса возведения временных конструкций и их демонтажа после восстановления основных конструкций башни. Обязательным условием при этом является полная сохранность объекта культурного наследия – башни им. Шухова.

Для оптимизации проекта противоаварийных работ было проведено экспериментально-статистическое моделирование процесса возведения временных опор и исследованы следующие показатели:

- длительность монтажа временных несущих конструкций (Y_1);
- полные затраты на реализацию проекта с начислениями (Y_2).

Прямые затраты приняты в соответствии со сметной документацией, с учетом необходимых сметных коэффициентов и начислений. При расчете условно-постоянных расходов применялась ставка, равная 500 тыс. у.е./мес. На приведенные выше показатели наиболее существенное влияние оказывают следующие факторы.

- Конструктивно-технологическое решение устройства временных несущих конструкций (КТР) с помощью сварных соединений временных несущих конструкций в виде полых колонн с последующим заполнением бетоном до отметки +24,65 м – КТР1 или в виде полых колонн с заполнением бетоном до отметки +1,50 м, при использовании фланцевых соединений и при условии увеличения толщины стенок трубных элементов – КТР2.
- Степень укрупнения монтируемых элементов колонн (X_1) – предполагает условно непрерывное изменение в пределах веса одного монтируемого элемента от 1 т до 10 т. Это соответствует минимально и максимально возможному весу элементов с учетом условий производства работ и техники безопасности.

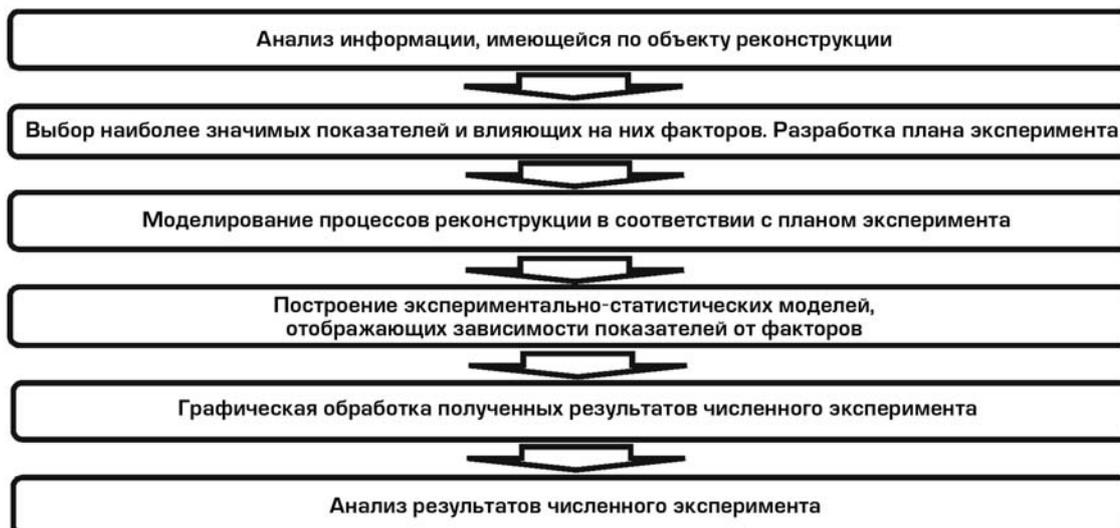


Рис. 1.
Блок-схема методики исследования

- Количество рабочих, занятых на монтаже металлоконструкций (X_2), – принято 5–15 чел. Фактор учитывает возможность постановки одного, двух или трех полиспастов обслуживания. При этом рабочие разделяются на звенья в соответствии с наличием полиспастов.

Матрица результатов эксперимента приведена в таблице, где даны значения показателей в различных точках факторного пространства, а также уровни варьирования факторов, при которых были получены соответствующие значения показателей.

По результатам регрессионного анализа результатов эксперимента [5] были построены аналитические модели изменения показателей проекта противоаварийных мероприятий. Формулы 1 и 2 являются ЭС-моделями показателя «длительность монтажа временных несущих конструкций» в аналитическом виде (при КТР1 и КТР2). Формулы 3 и 4 – показателя «интенсив-

ность финансирования проекта» в аналитическом виде (при КТР1 и КТР2).

Согласно рис. 2 характер изменения показателя «длительность монтажа временных несущих конструкций» незначительно отличается в зависимости от принятого варианта КТР. И в одном, и в другом случае минимальные значения уровней факторов ($X_1 = 1$ т; $X_2 = 5$ чел.) соответствуют максимальному значению показателя $Y_{1\max}^{\text{КТР1}} = 316,0$ дней; $Y_{1\max}^{\text{КТР2}} = 271,2$ дня. При уровнях ($X_1 = 10$ т; $X_2 = 15$ чел.) моделирование показало минимальное значение показателя – $Y_{1\min}^{\text{КТР1}} = 73,7$ дня. Минимум показателя в случае использования КТР2 также находится в точке $Y_{1\min}^{\text{КТР2}} = 65,8$ дня ($X_1 = 10$ т; $X_2 = 15$ чел.).

По результатам анализа рис. 3 можно заключить, что характер изменения показателя «полные затраты на реализацию проекта с начислениями» незначительно варьируется в зависимости от типа КТР колонн.

$$Y_1^{\text{КТР1}} = \text{EXP}(4,744 - 0,179x_1 + 0,14x_1^2 + \bullet - 0,549x_2 + 0,144x_2^2); \quad (1)$$

$$Y_1^{\text{КТР2}} = \text{EXP}(4,593 - 0,167x_1 + 0,138x_1^2 + 0,012x_1x_2 - 0,541x_2 + 0,152x_2^2); \quad (2)$$

$$Y_2^{\text{КТР1}} = \text{EXP}(11,449 - 0,012x_1 + 0,009x_1^2 + \bullet - 0,013x_2 + 0,006x_2^2); \quad (3)$$

$$Y_2^{\text{КТР2}} = \text{EXP}(11,424 - 0,019x_1 + 0,015x_1^2 + 0,002x_1x_2 - 0,013x_2 + 0,005x_2^2). \quad (4)$$

Матрица результатов исследования

№ п.п.	Степень укрупнительной сборки монтируемого элемента М/К колонн (X_1), %	Количество рабочих, занятых на монтаже М/К (X_2), чел.	Длительность монтажа М/К (Y_1), раб. дней	Полные затраты на реализацию проекта (Y_2), тыс. у.е.	№ п.п.	Степень укрупнительной сборки монтируемого элемента М/К колонн (X_1), %	Количество рабочих, занятых на монтаже М/К (X_2), чел.	Длительность монтажа М/К (Y_1), раб. дней	Полные затраты на реализацию проекта (Y_2), тыс. у.е.
1.1	0 %	5	316	98 474,21	2.1	0 %	5	269	96 673,00
1.2	50 %	5	229	95 610,55	2.2	50 %	5	198	92 969,56
1.3	100 %	5	221	95 252,65	2.3	100 %	5	189	92 621,07
1.4	0 %	10	158	95 875,80	2.4	0 %	10	134	94 454,65
1.5	50 %	10	114	93 757,95	2.5	50 %	10	99	91 658,92
1.6	100 %	10	10	93 493,26	2.6	100 %	10	94	91 060,08
1.7	0 %	15	105	95 009,66	2.7	0 %	15	89	93 715,25
1.8	50 %	15	76	93 140,52	2.8	50 %	15	66	90 791,15
1.9	100 %	15	73	92 906,90	2.9	100 %	15	63	90 539,65

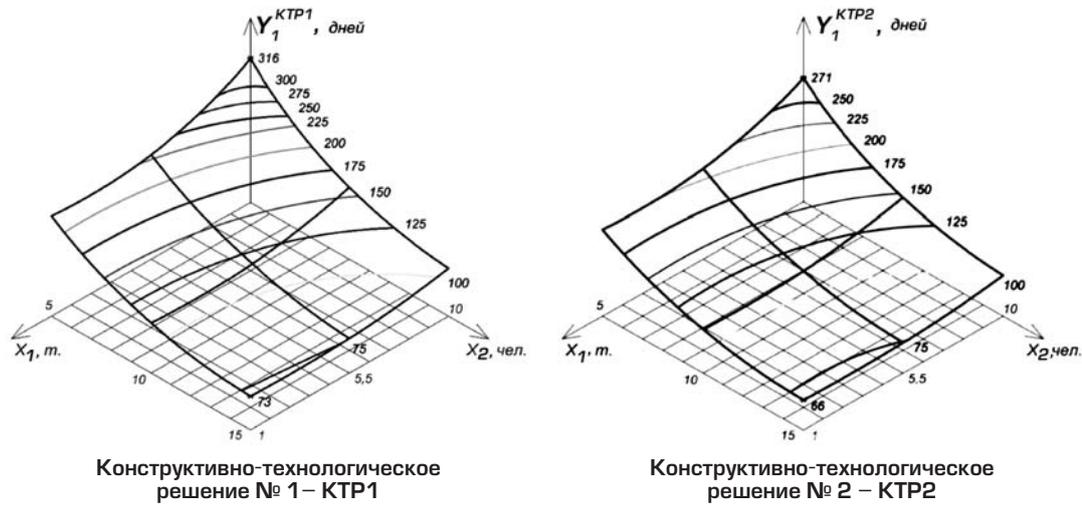


Рис. 2. Закономерности изменения показателя «длительность монтажа временных несущих конструкций» при использовании разных вариантов КТР колонн временных конструкций

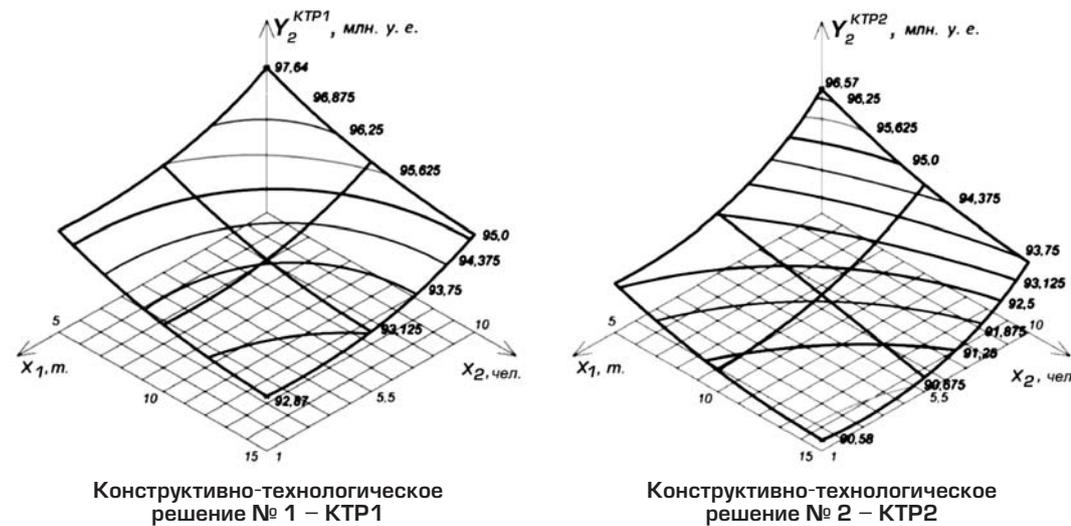


Рис. 3. Закономерности изменения показателя «полные затраты на реализацию проекта с начислениями» при использовании разных вариантов КТР колонн временных конструкций

В обоих типах точка максимума показателя находится в координатах ($X_1 = 1$ т; $X_2 = 5$ чел.) ($Y_{2 \max}^{KTR1} = 97635,84$ тыс. у.е.; $Y_{2 \max}^{KTR2} = 96567,73$ тыс. у.е.). Совпадают координаты точек минимума ($X_1 = 10$ т; $X_2 = 15$ чел.): $Y_{2 \min}^{KTR1} = 92874,09$ тыс. у.е.; $Y_{2 \min}^{KTR2} = 90581,02$ тыс. у.е. Разница значений показателя в различных факторных подпространствах (при КТР1 и КТР2) обусловлена как снижением прямых затрат, так и уменьшением условно-постоянных расходов в целом по проекту в случае применения КТР2. Использование КТР2 позволяет сэкономить от 1,1 до 2,3 млн. у.е. при различных сочетаниях остальных факторов.

Выводы.

1. Моделирование противоаварийных мероприятий показало, что длительность монтажа временных несущих конструкций варьируется в 4,33 раза при варианте КТР1 и в 4,27 раза при варианте КТР2; полные затраты на реализацию проекта с начислениями изменяются на 6 % при

варианте КТР1 и на 6,77 % при варианте КТР2 в исследуемых пределах факторного пространства.

2. Минимальных значений длительности (65 дн.), стоимости (90 581,02 тыс. у.е.) можно достичь при варианте КТР2, степени укрупнительной сборки элемента М/К $X_1 = 10$ т и количестве рабочих $X_2 = 15$ чел.

- [1] Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
- [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: БГУ, 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.

Надійшла 13.04.2016 р.

ДО ВІДОМА ДОПISУВАЧІВ ЖУРНАЛУ !**Вимоги щодо публікації статей:**

- Текст статті в електронному виді, фото авторів, авторська довідка (для наукових статей ще анотація мовою статті та англійською, ключові слова, УДК), підготовлені у Microsoft Word, а також у роздрукованому виді.
- Ілюстрації надаються підготовленими у Adobe Photoshop або Microsoft Word, Excel чи на паперових носіях для сканування. Формат надання – tif, eps, jpg, psx – 300 dpi.
- Роздрукований текст статті підписується усіма авторами, електронні та роздруковані варіанти повинні бути ідентичними.
- Авторська довідка має містити наступні дані: прізвище, ім'я та по батькові повністю, місце роботи, посада, науковий ступінь, вчені звання, а також номер контактного телефону та електронну адресу.

**ЖУРНАЛ МОЖНА ПЕРЕДПЛАТИТИ
У БУДЬ-ЯКОМУ ВІДДІЛЕННІ ДП «ПРЕСА»
(передплатний індекс – 98848)
АБО ЗАМОВИТИ У РЕДАКЦІЇ ЖУРНАЛУ**

Видавець ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»

Рекомендовано до друку вченою радою ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського» (протокол № 3 від 08.09.2016 р.)

Адреса редакції та видавця: вул. В. Шимановського, 2/1, Київ, 02660,
ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»

тел. (044) 516-52-85, e-mail: redakpbis@urdisc.com.ua

Оригінал-макет підготовлений редакцією журналу «Промислове будівництво та інженерні споруди»
Комп'ютерна верстка та дизайн – **Цапро Т.І.**
Дизайн обкладинки – **Артюшенко В.С.**

Підписано до друку 08.09.2016 р. Формат 60 × 84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,1.

Тираж 300 прим.

Віддруковано ТОВ «Поліпрінт», вул. Лугова, 1-А, м. Київ, 04074, тел. 464-17-91

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1250 від 22.02.2003 р.

- * Оформлення, стиль та зміст журналу є об'єктом авторського права і захищається законом
- * Передрук розміщених у журналі матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції
- * Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори
- * За зміст реклами відповідає подавач
- * Редакція не завжди поділяє думку авторів
- * Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати подані матеріали