

УДК 697.92

УСТАНОВКА ДЛЯ ПНЕВМАТИЧНОГО ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ

ЮРКЕВИЧ Ю. С.^{1*}, к.т.н, доц.,
СПОДИНЮК Н. А.^{1*}, к.т.н., доц.
ШЕПІТЧАК В. Б.², асистент.

^{1*} Кафедра теплогазопостачання та вентиляції, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, 79000, Львів, Україна, тел. +38 (0322) 58-27-05, e-mail: n_spoduniuk@meta.ua

² Кафедра цивільної безпеки, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, 79000, Львів, Україна, тел. +38 (0322) 58-27-05, e-mail: shepitchak@gmail.com

Анотація. Мета. Найдешевшим способом транспортування великих партій паливних пелет на значні відстані є залізничні перевезення. Однак процес розвантаження залізничного вагону вимагає значних трудових затрат і є довготривалим. У зв'язку з цим його доцільно максимально механізувати. Метою даної роботи є розроблення конструкції установки для перевантаження паливних пелет на основі сільськогосподарського зерноперевантажувача, а також дослідження економічної доцільності застосування даної конструкції. **Методика.** За основу взята конструкція сільськогосподарського зерноперевантажувача, основними конструктивними елементами якого є вентилятор високого тиску, циклон-розвантажувач, шлюзовий або шнековий живильний пристрій та гнучкий продуктопровід з повітрозабірною головкою. Були проведені аналітичні дослідження паливних пелет. Було здійснено порівняння швидкості витання та швидкості транспортування паливних пелет та поширених сільськогосподарських культур, для яких застосовуються пневмоперевантажувачі. Параметри транспортування паливних пелет є близькими до параметрів зернових культур, що свідчить про можливість використання пневмоперевантажувачів. Були проведені експериментальні дослідження, де було визначено дійсну швидкість витання гранул паливних пелет з допомогою дослідної установки. **Результати.** Отримані результати дозволяють запропонувати просту, ефективну, і що особливо важливо, недорого конструкцію установки для розвантаження пелет. Установка складається з вентилятора високого тиску, циклона-розвантажувача та еластичного продуктопроводу з повітрозабірною головкою. Циклічний режим роботи установки дозволяє відмовитися від коштовного шлюзового або шнекового живильного пристрою. В цьому випадку об'єм бункера циклона-розвантажувача повинен бути приблизно на 25% більшим за об'єм завантажувальної тари (для стандартних біг-бегів з розміром основи 900×900 мм і висотою 1600, 1800, 2000 мм об'єм бункера повинен відповідно становити 1,65, 1,85 та 2 м³). При цьому загальна вартість установки не буде перевищувати 50 тис.грн., що є у п'ять разів менше за найдешевший промисловий взірець. **Наукова новизна.** Була розроблена удосконалена конструкція установки для пневматичного перевантаження паливних пелет. Параметри транспортування паливних пелет є близькими до параметрів зернових культур, що свідчить про можливість використання пневмоперевантажувачів. **Практична цінність.** Запропонована установка є дешевшою, у порівнянні з найдешевшим промисловим взірцем. Параметри транспортування паливних пелет аналогічні параметрам транспортування зернових культур, саме тому пневматичні конвеєри можуть бути використані для перевезення паливних пелет.

Ключові слова: паливні пелети, швидкість витання, мікроманометр, камера статичного тиску, циклон-розвантажувач

УСТАНОВКА ДЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕГРУЗКИ ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ

ЮРКЕВИЧ Ю. С.^{1*}, к.т.н, доц.,
СПОДИНЮК Н. А.^{1*}, к.т.н., доц.
ШЕПІТЧАК В. Б.², асистент.

^{1*} Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, Национальный университет «Львовская политехника», ул. С. Бандери, 12, 79000, Львов, Украина, тел. +38 (0322) 58-27-05, e-mail: n_spoduniuk@meta.ua

² Кафедра гражданской безопасности, Национальный университет «Львовская политехника», ул. С. Бандери, 12, 79000, Львов, Украина, тел. +38 (0322) 58-27-05, e-mail: shepitchak@gmail.com

Анотація. Цель. Самым дешевым способом транспортирования больших партий топливных пеллет на значительные расстояния есть железнодорожные перевозки. Однако процесс разгрузки железнодорожного вагона требует значительных трудовых затрат и является долговременным. В связи с этим его целесообразно максимально механизировать. Целью данной работы является разработка конструкции установки для перегрузки топливных пеллет на основе сельскохозяйственного зерноперегрузателя, а также исследования экономической целесообразности применения данной конструкции. **Методика.** За основу взята конструкция сельскохозяйственного зерноперегрузателя, основными конструктивными элементами которого являются вентилятор высокого давления, циклон-разгрузчик, шлюзовое или шнековое питающее устройство и гибкий продуктопровод с воздухозаборной головкой. Были проведены аналитические

исследования топливных пеллет. Было проведено сравнение скорости витания и скорости транспортировки топливных пеллет и распространенных сельскохозяйственных культур, для которых применяются пневмоперегрузчики. Параметры транспортировки топливных пеллет близки к параметрам зерновых культур, что свидетельствует о возможности использования пневмоперегрузчателей. Были проведены экспериментальные исследования, где было определено действительную скорость витания гранул топливных пеллет при помощи исследовательской установки. **Результаты.** Полученные результаты позволяют предложить простую, эффективную, и что особенно важно, недорогую конструкцию установки для разгрузки пеллет. Установка состоит из вентилятора высокого давления, циклона-разгрузчика и эластичного продуктопровода с воздухозаборной головкой. Циклический режим работы установки позволяет отказаться от дорогостоящего шлюзового или шнекового питающего устройства. В этом случае объем бункера циклона-разгрузчика должен быть примерно на 25% больше объема загрузочной тары (для стандартных биг-бегов с размером основания 900×900 мм и высотой 1600, 1800, 2000 мм объем бункера должен соответственно составлять 1,65, 1,85 и 2 м³). При этом общая стоимость установки не будет превышать 50 тыс.грн., что является в пять раз меньше за самый дешевый промышленный образец. **Научная новизна.** Была разработана усовершенствованная конструкция установки для пневматической перегрузки топливных пеллет. Параметры транспортировки топливных пеллет близки к параметрам зерновых культур, что свидетельствует о возможности использования пневмоперегрузчателей. **Практическая значимость.** Предложенная установка является дешевой, по сравнению с самым дешевым промышленным образцом. Параметры транспортировки топливных пеллет аналогичны параметрам транспортировки зерновых культур, поэтому пневматические конвейеры могут быть использованы для перевозки топливных пеллет.

Ключевые слова: топливные пеллеты, скорость витания, микроманометр, камера статического давления, циклон-разгрузчик

DEVICE FOR PNEUMATIC OVERLOAD OF FUEL PELLETS

YURIY YURKEVICH^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.)*

NADIYA SPODYNIUK^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.)*

VOLODYMYR SHEPITCHAK², *Assistant*

^{1*} Department of Heat, Gas supply and Ventilation, Lviv Polytechnic National University, 12, S.Bandery str., Lviv 79000, Ukraine, phone +38 (0322) 58-27-05, e-mail: n_spoduniuk@meta.ua.

² Department of Civil Security, Lviv Polytechnic National University, 12, S.Bandery str., 79000, Lviv 79000, Ukraine, phone +38 (0322) 58-27-05, e-mail: shepitchak@gmail.com

Abstract. Purpose. The cheapest way to transport large quantities of fuel pellets over long distances is rail transportation. However, the process of unloading railway wagon requires significant labor costs and lasts a long time. In this regard, the process necessary make the most mechanize. The aim of this work is to develop a setup design concerning reloading of fuel pellets based on grain-farming and also study of the economic feasibility of this construction. **Methodology.** The basis for the installation of pneumatic overload fuel pellets is installation agricultural grain-overload. The main elements of installation are high pressure fan, conveyor cyclone, and gateway or screw feeding device and flexible product pipeline with pipe for air intake. The analytical studies of fuel pellets were conducted. The comparison of speed circling and speed transportation of fuel pellets and widespread agricultural crops for which the pneumatic conveyors are used was carried out. Parameters of transportation of fuel pellets are close to the parameters of cereals. This indicates that pneumatic conveyors can be used to transport fuel pellets. Experimental studies have been conducted where it was determined the actual pellet's speed circling of fuel pellets using an experimental installation. **Fidings.** The results allow us to offer a simple, effective, and most importantly, inexpensive installation for unloading pellets. The installation consists of a high pressure fan, unloaded cyclone and flexible product pipeline with pipe for air intake. Cyclic mode work of installation eliminates using the expensive gateway or screw feeding device. In this case, the volume hopper of unloaded cyclone should be about 25% larger than the volume of container loading. For standard big-bags with size of basis 900 × 900 mm and a height of 1600, 1800, 2000 mm hopper volume should accordingly be 1.65, 1.85 and 2 m³. The total installed cost of installation will not exceed 50 thousand UAH, which is five times less than the cheapest industrial model. **Originality.** Was developed the advanced design installations for pneumatic overload of fuel pellets. Parameters of transportation the fuel pellets are close to the parameters of grain crops, indicating the possibility of using pneumatic conveyor. **Practical value.** The proposed installation is cheaper than the cheapest industrial model. Parameters of transportation of fuel pellets are similar to the parameters of cereal crops, which is why pneumatic conveyors can be used for transportation fuel pellets.

Keywords: fuel pellet, speed circling, micromanometer, chamber static pressure, unloaded cyclone.

Вступ

Велика енергоємність української промисловості, низька ефективність систем теплопостачання житлово-комунального комплексу країни та високі ціни на імпортовані енергоносії змушують вдаватися до найрізноманітніших заходів, спрямованих на

енергозбереження. Одним з таких заходів є використання нетрадиційних джерел енергії, серед яких особливого поширення набуло біопаливо, зокрема паливні брикети та пелети.

Виробництво паливних пелет в Україні за останні роки набуло значних обсягів, оскільки в країні наявна потужна сировинна база – це торф та відходи

деревобробної та лісозаготівельної промисловості; крім того, пелети виготовляють з відходів сільського господарства – соломи, кукурудзи та луски соняшника.

Промислове виробництво паливних пелет передбачає їх транспортування на значні відстані, що теж пов'язано з істотними затратами. Найзручніше перевозити пелети у спеціальних вантажівках (автосилосах або автопневморозвантажувачах) або в поліетиленових мішках (біг-бегах) тентовим автотранспортом. Проте найдешевшим способом транспортування великих партій паливних пелет на значні відстані є залізничні перевезення.

Однак процес розвантаження залізничного вагону вимагає значних трудових затрат і є довготривалим. У зв'язку з цим його доцільно максимально механізувати.

За основу взята конструкція сільськогосподарського зерноперевантажувача, основними конструктивними елементами якого є вентилятор високого тиску, циклон-розвантажувач, шлюзовий або шнековий живильний пристрій та гнучкий продуктопровід з повітрязабірною головкою.

Таке обладнання китайського, російського, німецького та бельгійського виробництва присутнє на українському ринку. Однак воно коштує від 250 тис. грн. (установка продуктивністю 10 – 15 т/год) до 2 млн. 200 тис. грн. (продуктивністю 140 т/год) [1, 2].

Нашим завданням є з'ясувати, чи така конструкція є придатною для перевантаження паливних пелет та визначити оптимальні режими її експлуатації.

Для цього в першу чергу слід визначити основні характеристики, які характеризують параметри руху паливних пелет у повітряному потоці. Це швидкість витання, швидкість транспортування та масова концентрація суміші.

Мета досліджень

Метою даної роботи є розроблення конструкції установки для перевантаження паливних пелет на основі сільськогосподарського зерноперевантажувача, а також дослідження економічної доцільності застосування даної конструкції.

Аналітичні дослідження

Для проведення аналітичних досліджень скористаємося відомими аналітичними залежностями. В розрахунках розглядаємо пелети діаметром 6 – 8 мм і довжиною 15 – 30 мм з густиною 650 кг/м³.

Швидкість витання визначаємо за емпіричною формулою С.Н. Святкова [3]:

$$v_B = 0,14 \sqrt{\frac{\rho_M}{(0,02 + a/h) \cdot \rho_{II}}}, \text{ м/с} \quad (1)$$

де: ρ_M – густина матеріалу, що переміщується, кг/м³;

a – коефіцієнт, що залежить від форми частинок; (для частинок квадратного або круглого поперечного перерізу $a=1,1$);

h – товщина частинки, мм;

ρ_{II} – густина повітря, кг/м³.

Для зазначеного діапазону геометричних розмірів паливних пелет швидкість витання буде знаходитися в діапазоні $v_B = 7,2 - 8,2$ м/с.

Швидкість транспортування повітря, необхідна для горизонтального переміщення пелет, при тиску, близькому до атмосферного, може визначатися за формулою [1]:

$$v_T = a\sqrt{\rho/1000} + BL^2, \text{ м/с} \quad (2)$$

де: a – коефіцієнт, що залежить від діаметру транспортованого матеріалу, (при діаметрі в межах 1– 10 мм значення коефіцієнта a знаходиться в межах $a=16 - 20$);

B – коефіцієнт, який залежить від характеру транспортованого матеріалу, для паливних пелет приймаємо $B=3,5 \cdot 10^{-5}$;

L – відстань транспортування (приймається 10 м);

При таких вихідних параметрах швидкість транспортування буде становити $v_T = 14,5$ м/с.

Порівняємо отримані результати з швидкістю витання і швидкістю транспортування поширених сільськогосподарських культур, для яких застосовуються пневмоперевантажувачі (табл. 1) [1].

Таблиця 1

Швидкості витання і транспортування поширених сільськогосподарських культур / Speed circling and speed transportation of some agricultural crops

№ п/п	Матеріал	Швидкість витання, м/с	Швидкість транспортування, м/с
1	Паливні пелети	7,2 ÷ 8,2	14,5
2	Жито	7,5	22 – 26
3	Пшениця	9,8	12 – 27
4	Кукурудза	12,3	14,5 – 27
5	Соя	14,3	18,6 – 27

Як видно з наведеного матеріалу, параметри транспортування паливних пелет є близькими до параметрів зернових культур, що свідчить про можливість використання пневмоперевантажувачів.

Експериментальні дослідження

Для верифікації отриманих розрахункових величин визначимо дійсну швидкість витання гранул паливних пелет з допомогою дослідної установки (рис. 1).

Лабораторна установка для визначення швидкості витання частинок складається з конічної труби

витання висотою $H=680$ мм на обох кінцях якої встановлено металеву сітку. Мінімальний діаметр труби витання $d_{\min} = 100$ мм, її максимальний діаметр $d_{\max} = 200$ мм, по висоті труби відкладемо проміжні значення діаметрів.

Повітря в трубу витання нагнітається вентилятором; для згладжування пульсації повітряного потоку встановлено камеру статичного тиску. Для визначення витрати повітря на всмоктувальному патрубку вентилятора встановлено прямолінійний повітропровід ($d_{зд} = 100$ мм), обладнаний шибером. Витрата повітря визначається за швидкістю на замірній ділянці. Для визначення швидкості повітря проводяться заміри динамічного тиску за допомогою пневмометричної трубки, яка гнучкими шлангами приєднана до мікроманометра.

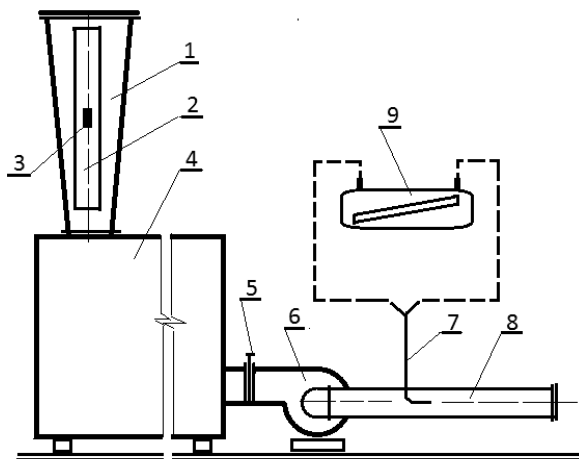


Рис. 1. Схема дослідної установки: /

Scheme of experimental installation:

1 – конусна труба; 2 – оглядове скло; 3 – дослідний візріць; 4 – камера статичного тиску; 5 – шибер; 6 – вентилятор; 7 – трубка Піто-Прандтля; 8 – замірна ділянка; 9 – мікроманометр.

З допомогою пневмометричної трубки і мікроманометра проводимо заміри динамічного тиску ($P_{дин}$); на підставі цього визначаємо швидкість повітряного потоку на замірній ділянці: ($F_{зд}=7,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$).

$$v_{зд} = \sqrt{\frac{2ghk}{\gamma}}, \text{ м/с}, \quad (3)$$

де: g – прискорення сили тяжіння, $9,81 \text{ м/с}^2$;

h – покази мікроманометра, мм;

k – перевідний коефіцієнт мікроманометра;

γ – питома вага повітря при даній температурі, кг/м^3 .

З допомогою шибера змінюємо продуктивність вентилятора і встановлюємо такий режим, при якому гранули паливних пелет знаходяться у завислому положенні в конічній трубі. Визначаємо діаметр тієї частини конічної труби, в якій знаходяться пелети і за відомими витратою повітря і площею поперечного перерізу конічної труби визначаємо дійсну швидкість витання. Для зазначених вище розмірів паливних

пелет швидкість витання знаходиться в діапазоні $7,5-8,0 \text{ м/с}$, що добре погоджується з розрахунковими значеннями.

Результати досліджень

Отримані результати дозволяють запропонувати просту, ефективну, і що особливо важливо, недорогу конструкцію установки для розвантаження пелет. Установка складається з вентилятора високого тиску, циклона-розвантажувача та еластичного продуктопроводу з повітрязабірною головкою (рис. 2).

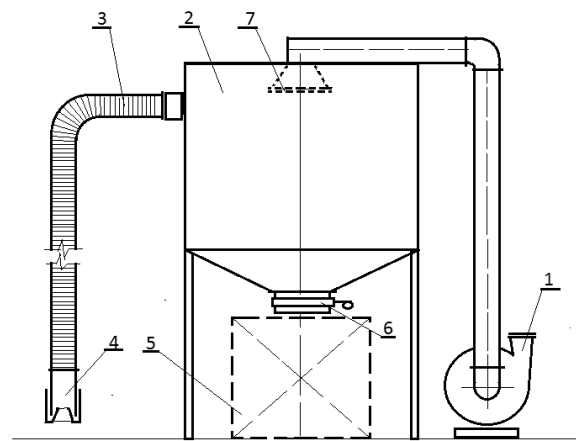


Рис. 2. Схема установки для перевантаження паливних пелет /

Scheme of installations for reloading fuel pellets

1 – вентилятор високого тиску; 2 – циклон-розвантажувач; 3 – еластичний продуктопровід; 4 – повітрязабірна головка; 5 – місце встановлення тари (біг-бега); 6 – шиберний затвор; 7 – запобіжна сітка

За технічними характеристиками для установки продуктивністю $12-15$ т/год відповідає цілий ряд вентиляторів серії ВВД (з продуктивністю в діапазоні $1500-2000 \text{ м}^3/\text{год}$, напором не менше 4000 Па та потужністю $18-22 \text{ кВт}$). Вентилятори цієї серії присутні на українському ринку, а їх вартість в цінах першого кварталу 2015 р. знаходиться в межах $20-25$ тис.грн [4, 5, 6].

Циклічний режим роботи установки дозволяє відмовитися від коштовного шлюзового або шнекового живильного пристрою. В цьому випадку об'єм бункера циклона-розвантажувача повинен бути приблизно на 25% більшим за об'єм завантажувальної тари (для стандартних біг-бегів з розміром основи 900×900 мм і висотою $1600, 1800, 2000$ мм об'єм бункера повинен відповідно становити $1,65, 1,85$ та 2 м^3).

При цьому загальна вартість установки не буде перевищувати 50 тис.грн., що є у п'ять разів менше за найдешевший промисловий візріць.

Висновки

У статті наведені дослідження швидкості витання і швидкості транспортування сільськогосподарських культур. Параметри транспортування паливних пелет аналогічні параметрам транспортування зернових культур, саме тому пневматичні конвеєри можуть

бути використані для перевезення паливних пелет. У результаті дослідження була запропонована установка для розвантаження паливних пелет. Циклічний режим роботи установки виключає використання дорогого шлюзового або шнекового живильного пристрою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Разумов Н.М. Псевдооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов. - М.: «Химия», 1972.

Razumov N.M., 1972. Psevdoozhizhenie I pnevmotransport sypuchih materialov. - М.: «Chimiya», 1972.

2. Заганшин М.Г., Колесник А.А., Посохин В.Н. Проектирование аппаратов пылегазоочистки. - М.: «Экопресс – ЗМ», 1998. – 505 с.

Zaganshyn M.G., Kolesnic A.A., Posohin V.N., 1998. Proektirovanie apparatov pylgazoochistki. - М.: «Ecopress - ZM», – 505 p.

3. Святков С.Н. Удаление стружек и пыли при работе на деревообрабатывающих станках. - М.: «Машиностроение», 1964.

Svyatkov S.N., 1964. Udalenie struzhek i pyli pri rabote na derevoobrabatyvayuchich stankach. - М.: «Mashinostrienie».

4. Demirbas A., Calculation of Higher Heating Values of Biomass Fuels. Fuel 76, no. 5, 1996. - 431–34.

Demirbas A., 1996. Calculation of Higher Heating Values of Biomass Fuels. Fuel 76, no. 5: 431–34 p.

5. Lehtikangas P. Quality Properties of Pelletised Sawdust, Logging Residues, and Bark. Biomass and Bioenergy 20, 2001. - 351–60 p.

Lehtikangas P., 2001. Quality Properties of Pelletised Sawdust, Logging Residues, and Bark. Biomass and Bioenergy 20: 351–60.

6. Mani S., Sokhansanj S., Bi X., and Turhollow A. Economics of Producing Fuel Pellets from Biomass. Applied Engineering in Agriculture 22, no. 3: 421–26.

Mani S., Sokhansanj S., Bi X., and Turhollow A. Economics of Producing Fuel Pellets from Biomass. Applied Engineering in Agriculture 22, no. 3: 421–26.

Стаття рекомендована до публікації д-ром. техн. наук, проф. В. М. Желихом (Україна); д-ром. техн. наук, проф. В. Й. Лабасем (Україна)

Поступила в редколлегию 08.09.2015

УДК 69.057:658.513.4

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИНЯТИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

СОКОЛОВ И. А.¹, д.т.н., доц., декан факультета ПГС, Заслуженный строитель Украины

¹ Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-76, e-mail: pgs@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-8366-4301

Аннотация. Техническое состояние промышленных объектов в условиях необходимости поступательного роста экономики страны настоятельно требует модернизации, перепрофилирования и технического переоснащения, что предопределяет необходимость их реконструкции. Ведение строительно-монтажных работ в условиях сложившейся технологической структуры и инженерного обеспечения производств в значительной степени усложнено, а на их проведение накладывается множество ограничений при выборе технологии и организации строительства. Представленный материал предлагает методику принятия эффективных организационных и технологических решений, реализуемых в проекте производства работ по демонтажу и монтажу строительных конструкций. В основе методики положена многофакторная количественная оценка предлагаемых изменений объемно-планировочного и конструктивного решения здания, а также показателей, характеризующих возможные варианты организационно-технологических решений. Поставленная цель реализуется путем сравнительной оценки уровня сложности предлагаемого проектного решения и уровня сложности принимаемого к работе организационно-технологического решения с установлением коэффициента их соответствия. Анализ проектного решения реконструируемого здания предполагает выявление и прогнозирование влияния значимых показателей на технико-экономические показатели организационно-технологического решения, а также разработку мероприятий по локализации отрицательного воздействия параметров проектного решения. Анализ организационно-технологических решений предполагает выявление параметров, требующих отработки для повышения эффективности монтажных процессов. Уровень сложности ОТР представляет собой многофакторную количественную оценку решения, полученного на основании предложений проектировщиков по реконструкции здания. При неудовлетворительных результатах сравнения уровней сложности ПР и ОТР происходит отработка различных вариантов