



УДК 69.059

Ладнушкин А.А. – старший преподаватель

E-mail: bilder74@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Технико-экономическое обоснование технологии бескранового монтажа при реконструкции теплоэлектростанций**Аннотация**

В рамках решения задач реконструкции теплоэлектростанций разработана новая технология бескранового монтажа ограждающих конструкций производственных зданий ТЭЦ и ГРЭС, позволяющая выполнять работы по замене ограждающих конструкций в стесненных условиях существующего генерального плана и без остановки производственного процесса теплоэлектростанции. В статье представлен технико-экономический анализ эффективности использования разработанной автором технологии бескранового монтажа с определением и сравнением приведенных затрат на монтажные работы для различных технологий монтажа и демонтажа конструкций с использованием разных комплектов машин и механизмов.

Ключевые слова: технико-экономический анализ, приведенные затраты, технология бескранового монтажа, реконструкция теплоэлектростанций.

Отказ от плановой экономики СССР, отсутствие вновь вводимых крупных ТЭЦ и ГРЭС, постоянный ежемоментный спрос на тепловую и электрическую энергию не позволяют в большинстве случаев вывести действующие генерирующие предприятия на длительный период реконструкции с остановкой технологического процесса. Основное технологическое оборудование электростанции проходит в соответствии с технологическим регламентом и предписаниями органов технического надзора плановые обследования с определением и продлением ресурса, выполнением ремонтных мероприятий для обеспечения нормальной эксплуатации. Это осуществляется выводом отдельных технологических установок и оборудования, при работе основного производства в штатном режиме.

В условиях безостановочного действующего производственного процесса остро встает вопрос в необходимости проведения работ по замене аварийных и отработавших свой ресурс строительных конструкций.

На основании выполненного анализа существующих технологий замены аварийных ограждающих конструкций можно признать, что большинство способов, применяемых при реконструкции производственных зданий других отраслей промышленности, малоэффективны и часто не применимы для условий действующих ТЭЦ и ГРЭС.

Основной проблемой при выборе той или иной технологии производства работ являются требования по выбору монтажного крана. В условиях генерального плана действующих ТЭЦ и ГРЭС для замены ограждающих конструкций главного корпуса, при работе с земли, при помощи крана, необходимый вылет стрелы должен составлять 40-60 м, при высоте подъема 35-70 м и грузоподъемности 3-10 т. Вылет стрелы и высота подъема крюка могут быть еще большими, так как на величину этих параметров повлияет наличие большого количества технологических трубопроводов, инженерных коммуникаций, которые потребуют существенно увеличить возможности крана. Данным характеристикам соответствует очень ограниченный перечень кранов большой грузоподъемности зарубежного производства.

Серьезные требования по вылету и высоте подъема стрелы требуют, в свою очередь, таких монтажных кранов, для которых необходимо устройство дополнительных транспортировочных путей и монтажного оборудования, при этом значительное время краны должны простаивать, т.к. основной объем работ выполняется вручную, без помощи крана, что в итоге значительно увеличивает сметную стоимость работ.

На основании выполненного анализа генеральных планов, конструктивных решений ТЭЦ и ГРЭС, данных по эксплуатации и результатов обследования теплоэлектростанций, а также обзора существующих технологий по замене аварийных ограждающих конструкций и используемых комплектов монтажных машин и

такелажного оборудования сформулированы цели и задачи исследования. Исследованы условия производства работ при замене ограждающих конструкций главных корпусов действующих теплоэлектростанций. Выделены основные факторы, характеризующие объект реконструкции: однотипность и стесненность генеральных планов ТЭЦ и ГРЭС; наличие дымовых труб в составе теплоэлектростанции; однотипность конструктивных решений главных корпусов; условия действующего энергопредприятия.

Анализ существующих технологий замены ограждающих конструкций производственных зданий показал, что в условиях реконструкции или капитального ремонта главных корпусов действующих теплоэлектростанций они имеют ряд серьезных недостатков: ограниченность применения, большая сметная стоимость, значительная трудоемкость, неудобства для основного технологического процесса теплоэлектростанции [3], [4].

В рамках решения задач реконструкции разработана новая технология бескранового монтажа ограждающих конструкций производственных зданий ТЭЦ и ГРЭС, позволяющая выполнять работы по замене ограждающих конструкций в стесненных условиях существующего генерального плана и без остановки производственного процесса теплоэлектростанции. В рамках новой технологии разработаны и исследованы монтажные системы «Лакра-1» и «Лакра-2», используемые для различных конструктивно-технологических решений главных корпусов теплоэлектростанций, а также применимые для других промышленных предприятий, имеющих в своем составе дымовую трубу [7], [8].

Для оценки эффективности предложенных технологических решений необходимо проведение технико-экономического обоснования и всестороннего анализа применения технологии бескранового монтажа при реконструкции главных корпусов теплоэлектростанций. Результаты разработанных технологических решений и проектов производства работ определяются по технико-экономическим показателям.

Основными технико-экономическими показателями, определяющими технический уровень проекта, являются стоимость производства, т.е. стоимость работ в целом или единицы строительной продукции, например 1 м³ строительного объема, 1 м² жилой площади, монтажа 1 т металлических конструкций, выраженная в рублях; продолжительность строительства или реконструкции здания в днях или сменах; трудоемкость работ, т.е. общие затраты труда, или удельная трудоемкость (затраты труда на единицу строительной продукции, например на 1 м² жилой площади, на 1 м³ строительного объема) в человеко-днях.

Согласно СН 509-78 «Инструкции по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений» экономическая эффективность применения новой технологии производства строительно-монтажных работ, новых методов механизации и автоматизации производственных процессов, совершенствования организации производства и труда определяется по разности приведенных затрат в расчете на сопоставимую единицу выполняемых работ. При сравнении различных методов производства работ, применяемых для выполнения нескольких последовательных (или совмещенных) технологических процессов, за единицу измерения принимается конечная продукция (1 м² жилой или производственной площади, 1 км дороги и др.) [2].

Для анализа эффективности использования предложенной технологии бескранового монтажа следует определить приведенные затраты на монтажные работы для различных технологий монтажа и демонтажа конструкций с использованием разных комплектов машин и механизмов, в которых, помимо себестоимости монтажно-демонтажных работ, выполняемых одним из комплектов, учитывается экономический эффект от окупаемости используемого комплекта в течение определенного времени, и выполнить их сравнение.

Приведенные затраты $P_{p.z}$, тыс. р., определяются:

$$P_{p.z} = C_{m.p.} + 0,15 \cdot \sum K_{инв} \cdot \frac{T_o}{400},$$

где $C_{m.p.}$ – стоимость монтажно-демонтажных работ, тыс. р.; 0,15 – коэффициент эффективности по отрасли; $K_{инв}$ – инвентарная стоимость машины, тыс. р.; T_o – время работы n -й машины на объекте; 400 – среднестатистическое количество смен работы машины в году.

Стоимость строительно-монтажных работ, тыс. руб., для каждого варианта производства работ рассчитывается по формуле:

$$C_{м.р.} = 1,08 \cdot (C_{ед} + \sum C_{маш.-см} \cdot T_0) + 1,5 \cdot \sum Z_{пл} \cdot T_0,$$

где 1,08 – коэффициент, учитывающий накладные расходы на обеспечение административно-хозяйственного руководства, мелкий инвентарь, используемый при организации работы комплекта машин; $C_{ед}$ – единовременные расходы на дополнительные работы (затраты на монтаж и демонтаж машин, устройство путей, ограждений, освещения и транспортирование к месту производства работ и т. п.), тыс. р.; $C_{маш.-см}$ – стоимость машино-смены n -й машины, тыс. р.; $Z_{пл}$ – заработная плата рабочих монтажного звена, работающего с n -й машиной комплекта, тыс. р.

Стоимость машино-смен, тыс. р., рассчитывается по формуле:

$$C_{маш.-см} = \frac{E}{T_0} + \frac{Г}{400} + C_3,$$

где E – единовременные затраты на транспортирование машин на объект, их монтаж и демонтаж, тыс. р.; $Г$ – годовые затраты на амортизационные отчисления, тыс. р.; C_3 – эксплуатационные расходы на обслуживание машин, тыс. р.

Суммарная заработная плата $\sum Z_{пл}$, тыс. р., определяется по формуле:

$$\sum Z_{пл} = \sum Q \cdot C_1 \cdot K_T,$$

где Q – трудоемкость монтажа-демонтажа конструкций, чел.-дн.; C_1 – тарифная ставка рабочего первого разряда, тыс. р./дн.; K_T – средний тарифный коэффициент, определяемый для монтажного звена по ЕНиР и тарифной сетке из общей части ЕНиР.

Таблица 1

Стоимость комплекта монтажных механизмов

Технология производства работ	Основной монтажный механизм, название, марка, изготовитель	Стоимость в необходимой комплектации*
Монтажная система «Лакра-1»	4 лебедки ЛМ5-ЛМ10 полиспасты несущей системы, монтажные блоки, металлические тросы и т.д.	2-3 млн. руб.
Монтажная система «Лакра-2»	2 лебедки ЛМ5-ЛМ8, монтажная стрела, монтажные блоки, металлические тросы и т.д.	1-1,5 млн. руб.
Установка башенного крана	Башенный кран КБ-405.1А ОАО «Ржевский машиностроительный завод»	8-9 млн. руб.
С кровли главного корпуса	Козловый кран с консолью г.п. 10 т. «Набережночелнинский крановый завод»	5 млн. руб.
С земли по периметру здания	МКГС-100, ОАО «Ульяновский механический завод № 2»	45 млн. руб.
	Автомобильный кран LIEBHERR LTM-1400 г.п. 400 т., Германия	150-180 млн. руб.

* стоимость необходимой комплектации зависит от фактических условий производства работ, существующего объекта.

При формировании приведенных затрат необходимо учитывать амортизацию применяемых машин и механизмов. Рыночная стоимость монтажных кранов и механизмов, применяемых в различных технологических способах замены ограждающих конструкций при реконструкции главных корпусов ТЭЦ и ГРЭС, на сегодняшний день представлена в табл. 1.

Необходимо отметить, что стоимость комплектации монтажных систем «Лакра-1» и «Лакра-2» технологии бескранового монтажа в несколько раз ниже стоимости машин и механизмов, применяемых при использовании существующих технологий замены ограждающих конструкций главных корпусов в условиях действующих теплоэлектростанций, что в значительной степени влияет на сумму приведенных затрат на выполнение монтажных работ.

Для корректного учета фактических затрат на выполнение работ по монтажу и демонтажу ограждающих конструкций при реконструкции главного корпуса ТЭЦ и ГРЭС, с учетом условий производства работ на действующей теплоэлектростанции, в приведенную сумму затрат необходимо включать расходы на выполнение подготовительных работ, без которых невозможно проведение работ по замене ограждающих конструкций.

Эффективность применения технологии производства строительного-монтажных работ определяется по разности приведенных затрат в расчете на сопоставимую единицу выполняемых работ. Для сравнения различных методов замены ограждающих конструкций за единицу измерения принята замена 100 ограждающих конструкций (стеновых панелей). В табл. 2 представлены приведенные затраты и стоимость замены одной панели различных технологических решений, возможных при реконструкции главного корпуса действующей теплоэлектростанции.

Таблица 2

**Приведенные затраты из расчета замены 100 стеновых панелей
при реконструкции здания главного корпуса ТЭЦ или ГРЭС**

Технология производства работ	Возможности замены	Основной монтажный механизм	Приведённые затраты, тыс. руб.	Стоимость замены одной панели, тыс. руб.
Монтажная система «Лакра-1»	все здание	4 электролебедки ЛМ5-ЛМ10	3 845	38,5
Монтажная система «Лакра-2»	крайние оси	1-2 электролебедки ЛМ5-ЛМ8	3 030	30,3
	средние оси		4 560	45,6
Установка башенного крана	крайние оси	Башенный кран КБ-405.1А	8 650	86,5
с кровли главного корпуса	все здание	Козловый кран с консолью г/п 10 т.	7 230	72,3
с уровня земли по периметру здания	крайние оси	МКГС-100 LIEBHERR LTM-1400	6 780	67,8
	средние оси		11 350	113,5

Трудоемкость зависит от организации труда рабочих, численного и квалификационного состава бригад, их правильной расстановки, организации фронта работ. При выполнении работ по замене ограждающих конструкций главного корпуса ТЭЦ или ГРЭС состав комплексной бригады будет идентичным, как и при производстве монтажных работ на этапе строительства. При производстве монтажных работ численность рабочих определяется количеством занятых монтажных механизмов. Каждый кран в смену обслуживает звено монтажников, так как кран выполняет только часть операций, монтажная бригада состоит из 2-4 звеньев, которые производят подъем, установку, выверку, временное крепление конструкций, оформление стыков, установку и снятие подмостей и другие вспомогательные операции.

При определении общих трудозатрат каждой технологии необходимо дополнительно учитывать трудозатраты на выполнение подготовительных работ: транспортировку, размещение и сборку монтажных кранов механизмов, устройство подъездных и подкрановых путей на строительной площадке, усиления и временное крепление конструкций и др. Трудоемкость замены одной конструкции находят делением общего количества трудозатрат по графику производства работ и сметам в чел.-дн. на весь объем работ в физических величинах. В случае необходимости выборочной замены отдельных аварийных конструкций из различных точек главного корпуса ТЭЦ и ГРЭС себестоимость производства работ и относительные трудозатраты на единицу заменяемой конструкции при использовании монтажных систем «Лакра-1» и «Лакра-2» технологии бескранового монтажа ниже в 4-5 раз, относительно существующих методов и способов производства работ. Анализ технико-экономических показателей подтвердил эффективность применения

технологии бескранового монтажа ограждающих конструкций при реконструкции главных корпусов теплоэлектростанций в условиях действующего производства как с точки зрения экономии материально-технических ресурсов, так и возможности значительного снижения подготовительных работ, следствием чего является сокращение сроков и стоимости ведения монтажных работ. В табл. 3 представлено необходимое количество рабочих и относительная трудоемкость замены одной стеновой панели для различных технологий, используемых при реконструкции главного корпуса ТЭЦ или ГРЭС в условиях действующего производственного процесса.

Таблица 3

**Количество рабочих и относительная трудоемкость замены
для различных способов замены стеновых панелей**

Технология производства работ	Количество рабочих при выполнении подгот. работ	Количество рабочих	Трудоемкость замены единицы, чел/час
Монтажная система «Лакра-1»	4	8	22,2
Монтажная система «Лакра-2»	10	6	20,4
Установка башенного крана	26	6	36,4
С кровли главного корпуса	14	8	32,6
С земли, при помощи стрелового крана	10	8	28,8

Таким образом, приведённые выше экономические показатели подтверждают значительные преимущества технологии бескранового монтажа при замене ограждающих конструкций главных корпусов теплоэлектростанций в условиях действующего производства.

Заключение: На основании выполненного технико-экономического анализа вариантов производства работ выявлено, что технология бескранового монтажа при производстве работ по замене ограждающих конструкций главных корпусов ТЭЦ и ГРЭС в условиях действующей теплоэлектростанции уменьшает общую себестоимость производства работ 52 %, трудозатраты на 32 %, по сравнению с существующими технологиями по замене ограждающих конструкций. Эффективность технических решений и рекомендаций, полученная автором в результате многолетних исследований, подтверждается внедрением новой технологии при выполнении работ по реконструкции и капитальному ремонту главных корпусов Казанской ТЭЦ-2, Казанской ТЭЦ-3, Нижнекамской ТЭЦ-1, строительства 2-ой очереди ОАО «Мордовцемент» и др.

Список литературы

1. Организационно-технологические решения для условий реконструкции промышленных предприятий, Ч. 3. Организационно-технологические решения по производству отдельных видов работ. Монтаж и демонтаж конструкций // ЦНИИОМТП. – М., 1988.
2. СН 509-78 «Инструкции по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений». – М.: Стройиздат, 1981.
3. Топчий В.Д. Реконструкция промышленных предприятий. В 2 томах. – М.: Стройиздат, 1990.
4. Доста В.В. Выбор рациональных организационно-технологических решений при реконструкции зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1998.
5. Ладнушкин А.А. Разработка конструктивно-технологических решений замены аварийных ограждающих конструкций промышленных зданий. // Сборник докладов 64-й научно-технической конференции молодых ученых. СПбГАСУ, 2011. – С. 271-273.
6. Ладнушкин А.А. Анализ состава технологических процессов демонтажа и монтажа ограждающих конструкций на действующих электростанциях. // Вестник гражданских инженеров, 2012, № 3 (32). – С. 168-171.

7. Юдина А.Ф., Ладнушкин А.А. Разработка конструктивно-технологических решений бескранового монтажа при реконструкции промышленных зданий. // Сборник докладов 68-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета СПбГАСУ, 2011. – С. 143-148.
8. Ладнушкин А.А., Крайнов Д.С. Способ монтажа и демонтажа строительных конструкций. Патент на изобретение РФ № 2190065.

Ladnushkin A.A. – senior lecturer

E-mail: bilder74@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Feasibility study installation techniques for reconstruction without crane power plants

Resume

The author conducted research technology installation and replacement of walls and concrete slabs of buildings with major repairs or reconstruction of power plants in operation. Identified technological possibility and sphere of application technological solutions. The new technology of installation without using a crane. A technological installation system «Lakra-1» and «Lakra-2» replacement panels and slabs of the building thermal power plants. To analyze the effectiveness of the proposed technology installation without crane determined the total cost of works for various technologies installation and removal of elements of industrial buildings using different sets of machinery, determined in accordance with applicable regulations and labor cost of assembling and dismantling. The comparison of technical and economic parameters. According to the research proved that the using new technology in the reconstruction of thermal power installation in the operating plant on average reduces the total cost by 52 % and labor costs by 32 % as compared to existing technologies replace the building envelope.

Keywords: techno-economic analysis, adjusted cost, technology installation, upgrades power plants.

References

1. Organizational and technological solutions for the conditions of the reconstruction of industrial enterprises, Part 3. Organizational process solutions for various types of work. Installation and dismantling of structures. – M., 1988.
2. СН 509-78 «How to identify cost-effective use in the construction of new technology, inventions and innovations». – M.: Stroyizdat, 1981.
3. Topchi V.D. Reconstruction of industrial enterprises. In 2 t. – M.: Stroyizdat, 1990.
4. Dosta V.V. Rational choice of organizational and technological solutions for the reconstruction of buildings. – M.: Stroyizdat, 1998.
5. Ladnushkin A.A. Development of design and technological solutions emergency replacement walling industrial buildings. // Proceedings of the 64 th. Scientific Conference of Young Scientists. Ph, 2011. – P. 271-273.
6. Ladnushkin A.A. Analysis of the composition process of dismantling and mounting enclosures at existing power plants. // Journal of Civil Engineers, 2012, № 3 (32). – P 168-171.
7. Yudina A.F., Ladnushkin A.A. Development of design and technological solutions installation in the reconstruction of industrial buildings. // Proceedings of the 68 th. conference of professors, teachers, researchers, engineers and graduate students Ph, 2011. – P. 143-148.
8. Ladnushkin A.A. Krainov D.S. Mounting and dismantling of building structures. Patent of the Russian Federation № 2190065.