

УДК 69.059

Ладнушкин А.А. – кандидат технических наук, технический директор

Авхадеев Р.Р. – инженер

Хасанов Р.М. – генеральный директор

Садыков Р.Р. – инженер

E-mail: sic_expertiza@mail.ru

ООО «Специализированный инженерный центр «Экспертиза»

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Профсоюзная, д. 17в

Анализ использования железобетонных плит промышленных зданий для технологии бескранового монтажа при модернизации действующих производств

Аннотация

На данный момент большинство действующих предприятий России построены и введены в эксплуатацию в середине прошлого века. Развитие науки и техники требует модернизации и технического перевооружения производственных комплексов в абсолютном большинстве случаев в условиях существующих зданий и сооружений. Основной частью модернизации действующих производств является необходимость замены технологического оборудования. При отсутствии штатных подъемных механизмов (мостовые краны, кран-балки и т.д.) в условиях эксплуатируемого промышленного здания монтажные и демонтажные работы являются очень сложными и требуют специальных и (или) индивидуальных технологических решений по организации монтажного процесса. Для решения поставленных задач наиболее применима технология бескранового монтажа. В основе технологии бескранового монтажа лежат два аспекта: формирование монтажной системы из требуемых технологических параметров монтажной среды и использование существующих конструкций зданий и сооружений в качестве опоры для крепления элементов монтажной оснастки. Выполнен анализ возможности использования в качестве опор монтажной системы существующие конструкции здания – железобетонные ребристые, многопустотные плиты перекрытия и покрытия. В статье рассматривается возможность устройства подвесов в виде сосредоточенных сил и анализ напряженно-деформированного состояния нагруженных сборных плит.

Ключевые слова: технология бескранового монтажа, модернизация промышленных предприятий, производственные здания, сборные железобетонные плиты перекрытия и покрытия, демонтаж, монтаж.

На сегодняшний момент Россия обладает огромным перечнем различных видов промышленных предприятий с производственными зданиями, основной период строительства которых пришел на 1960-1990-е гг. прошлого века. При разнообразном и различном видах производств и технологических линий, производственных зданий и их объемно-планировочное решений, вид и тип примененных строительных конструкций однотипен. В связи с развитием научно-технического прогресса на данный момент стоит вопрос в модернизации действующих производств, либо строительства новых, так как количественные и качественные характеристики современного технологического процесса значительно выше заложенных на этапе проектирования пятьдесят лет назад. В Советском Союзе абсолютное большинство зданий и сооружений возводилось по типовым, унифицированным проектам с применением одинаковых или подобных строительных конструкций. В качестве конструкций перекрытия и покрытия большее распространение получили предварительно-напряженные железобетонные плиты преимущественно двух типов: ребристые плиты размерами 1,5×6,0 м, 1,5×12,0 м и пустотные плиты размерами 1,5×6,0 м. Унификация применяемых конструкций была вызвана необходимостью быстрого и планового (прогнозируемого) массового строительства производственных зданий промышленных предприятий.

Требуемая модернизация технологического процесса часто усложняется необходимостью реализации проектов в условиях действующих промышленных зданий.

Замена технологического оборудования предполагает больших объемов работ по монтажу и демонтажу, что при отсутствии в здании собственных подъемных механизмов требует больших финансовых и трудовых затрат. Зачастую использование стандартного монтажного оборудования, например, стреловых кранов, невозможно в условиях действующего производства, так как работе крана мешают существующие конструкции, инженерные коммуникации и стесненные условия генеральных планов. Существующее пространство внутренних помещений также плотно загромождено и не позволяет свободного перемещения грузов по полу.

Технология бескранового монтажа позволяет выполнить монтажные и демонтажные работы без использования монтажных кранов и с учетом объемно-планировочного решения существующего производственного комплекса [1].

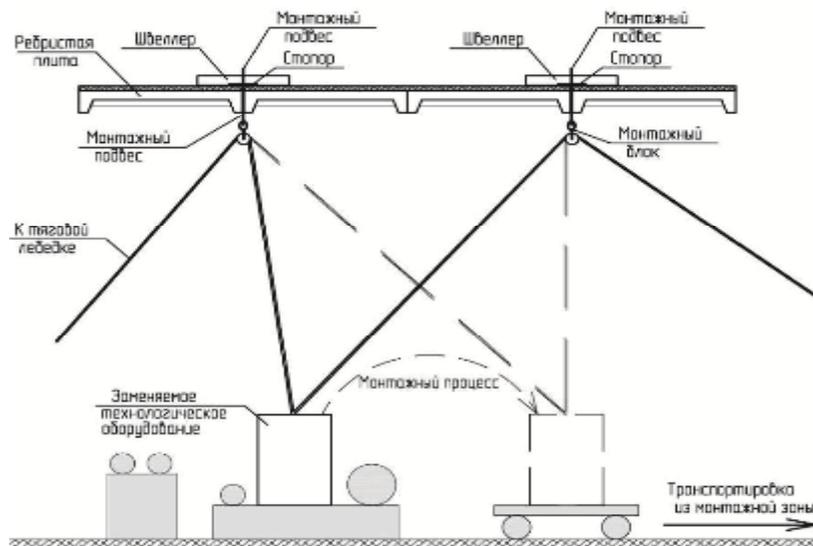


Рис. 1. Монтажная схема технологии бескранового монтажа для промышленного одноэтажного здания

В основе технологии бескранового монтажа лежат два аспекта: формирование монтажной системы из требуемых технологических параметров монтажной среды и использование существующих конструкций зданий и сооружений в качестве опоры для крепления элементов монтажной оснастки (рис. 1).



Рис. 2. Демонтаж технологического оборудования по технологии бескранового монтажа

На рис. 2 показан демонтаж оборудования с использованием технологии бескранового монтажа при модернизации технологической линии на ПАО «Казаньоргсинтез».

Монтажные системы технологии бескранового монтажа представляют набор средств малой механизации – лебедки, монтажные блоки, тросы и т.д. подобранные для конкретных условий и технологических параметров монтажной среды. В зависимости от поставленных задач моделируется монтажная система с требуемыми характеристиками по грузоподъемности и зоне действия. Определяются основные опорные точки для крепления элементов монтажной системы и выполняется анализ напряженно деформационного состояния используемых конструкций.

Для временной опоры монтажных систем технологии бескранового монтажа используются существующие элементы и конструкции зданий и сооружений. Однако, это является непроектными нагрузками для конструкций и может привести при безграмотном использовании к возникновению аварийных ситуаций. Для безопасного и эффективного использования технологии бескранового монтажа необходимо определить максимальные значения монтажных нагрузок, допустимых на несущие конструкции. Для математического моделирования элементов монтажной системы принимаем, что используемые конструкции находятся в работоспособном состоянии.

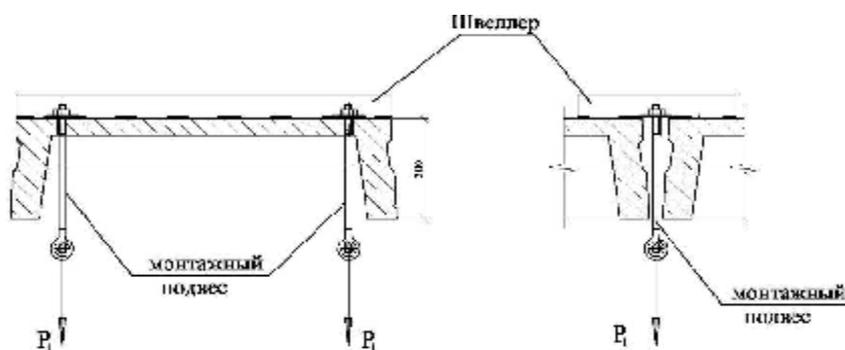


Рис. 3. Схема передачи нагрузки от монтажной системы

Проведение численных исследований напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций осуществляется с применением существующих программных комплексов для персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ). Высокая точность получаемых результатов, простота и удобство в применении, широкая доступность, предполагают их максимальное использование для проведения исследования. Кроме того, использование передовых информационных технологий служит залогом успешного проведения расчетов.

Основной задачей численного эксперимента являлось выявление максимальных значений монтажных нагрузок P_1 , P_2 для различных типов железобетонных плит массового применения при обеспечении эксплуатационной пригодности с условием работы конструкций в пределах допустимых нагрузок и деформаций.

С целью определения возможности использования несущих ребристых плит перекрытия и покрытия производственных зданий для бескранового демонтажа и монтажа оборудования выполнен анализ их напряженно-деформированного состояния, для чего принята схема нагружения согласно рис. 4.

Запас несущей способности строительных конструкций предполагается за счет отсутствия временных нагрузок на момент производства монтажных работ (снеговые, вес людей и ремонтных материалов в зоне обслуживания и т.д.), регламентируемых п. 5.5 СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» и учитываемых при проектировании предварительно напряженных плит перекрытий и покрытия, которые варьируются от 150 до 1500 кг на м².

Расчет плит покрытия выполняется на ПК с помощью программного комплекса SCAD. Постоянная нагрузка (состав пирога кровли и полов) для расчета принимается условно по опыту обследования примененных на производственных зданиях.

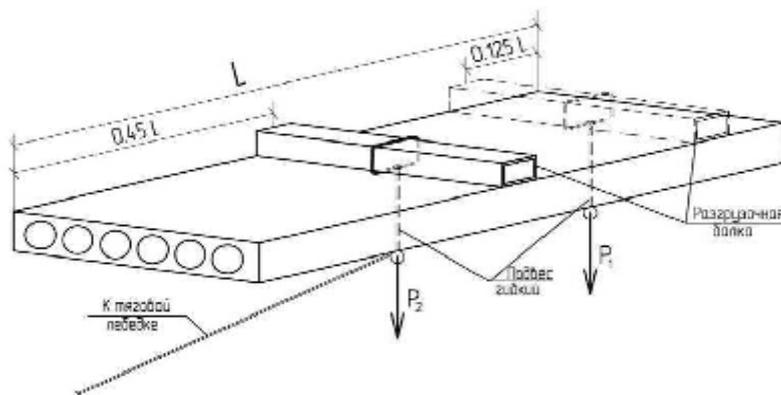


Рис. 4. Схема нагружения железобетонных плит для математического моделирования

Для математического моделирования и анализа на действие суммарных нагрузок в численном эксперименте принимаются стандартные плиты покрытия размерами: 1,5х6 м и 1,5х12 м – для ребристых плит, 1,5х6 м – для пустотных плит с различным армированием. Геометрические и физические характеристики плит приняты исходя из опыта обследования и наиболее применяемых типовых решений для производственных зданий.

Таблица 1

Максимальные допустимые значения монтажных нагрузок P_1 и P_2

№ эксперимента	Тип плиты	Армирование, количество стержней и площадь в мм ²	Монтажная нагрузка и прогиб при нагружении на опоре		Монтажная нагрузка и прогиб при нагружении в пролете	
			P_1 , тн	f_1 , мм	P_2 , тн	f_2 , мм
1.	Ребристая плита 1,5×6,0 м ПГ(ПНС) Вид бетона: тяжелый. Класс бетона: В20. Плотность бетона 2,5 т/м ³	Продольная арматура ребер – 2Ø16A600(A-IV), 402 мм ²	2,2	25,7	0,9	26,0
2.		Продольная арматура ребер – 2Ø18A600(A-IV), 509 мм ²	3,8	25,7	1,5	26,3
3.		Продольная арматура ребер – 2Ø20A600(A-IV), 628 мм ²	5,8	25,7	2,2	25,8
4.		Продольная арматура ребер – 2Ø25A600(A-IV), 982 мм ²	9,3	26,3	2,7	6,8
5.	Ребристая плита 1,5×12,0 м ЗПГ12 Вид бетона: тяжелый. Класс бетона: В25. Плотность бетона 2,5 т/м ³	Продольная арматура ребер – 2 Ø20A1000(A-VI), 628 мм ²	0,95	41,9	0,35	41,9
6.		Продольная арматура ребер – 2 Ø 22 A1000 (A-VI), 760 мм ²	1,5	41,4	0,55	41,3
7.		Продольная арматура ребер – 2Ø25A1000(A-VI), 804 мм ²	1,8	41,5	0,65	1,8
8.		Продольная арматура ребер – 2Ø25A1000(A-VI), 982 мм ²	2,4	42,5	0,9	41,6
9.	Многopустотная плита 1,5×6,0 м 1ПК60.15 Вид бетона: пажелый. Класс бетона: В15. Плотность бетона 2,5 т/м ³	Продольная арматура ребер – 3 Ø 10 A800 (A-V) 236 мм ²	0,85	25,2	0,25	24,8
10.		Продольная арматура ребер – 4 Ø 10 A800(A-V) 314 мм ²	1,9	28	0,55	29,6
11.		Продольная арматура ребер – 6 Ø 10 A800(A-V) 471 мм ²	4,2	29,4	1,25	29,4
12.		Продольная арматура ребер – 6 Ø 12 A800(A-V) 679 мм ²	7,4	28,9	1,9	29,4

Приняты два варианта расчетной схемы с нагружением в приопорной и пролетной зоне (рис. 4).

Основным критерием напряженно-деформационного состояния математического моделирования железобетонных плит принимаем предельное состояние второй группы: предельный прогиб конструкций и условия трещиностойкости, регламентируемые Приложением Е.2.1 СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» и Приложения Ж.3 СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии». Расчет выполняется на восприятие нагрузок из условия прочности: действия максимального изгибающего момента и предельного значения прогиба. Предельный прогиб для плит перекрытий равен $f_u = 1/200$ – для плит 6,0 м и $f_u = 1/250$ для плит 12,0 м. Допустимая ширина раскрытия трещин – 0,15 мм и 0,25 мм.

По результатам расчетов получены максимальные монтажные нагрузки для различных типов плит и площади армирования (табл. 1). На рис. 5 представлены графики зависимости максимальных монтажных нагрузок, от общей площади армирования при условии безопасного нагружения. Из графиков видна прямая зависимость возможности железобетонной конструкции воспринимать дополнительные монтажные нагрузки при определенном типе, количестве и сечении преднапряженной арматуры.

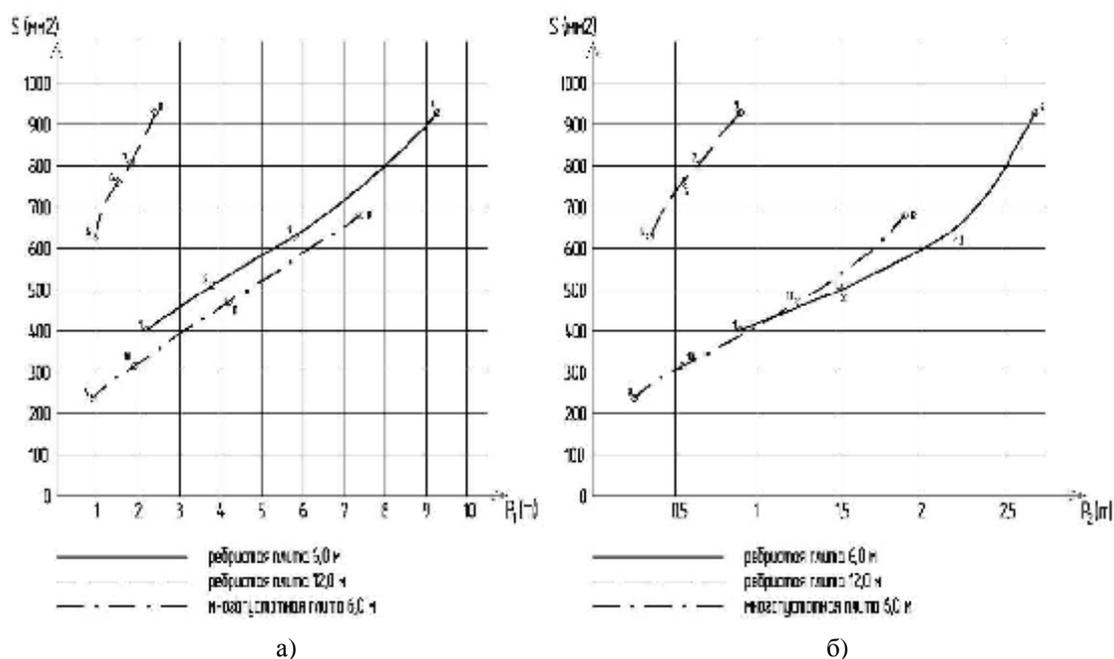


Рис. 5. Графики зависимости монтажной нагрузки от общей площади сечения арматуры для различных сборных железобетонных плит

На графике А представлены результаты расчетов для нагружения «на опоре» принятым в соответствии с расчетной схемой с приложением монтажной нагрузки в 0,12 L от опоры железобетонной плиты.

На графике Б представлены результаты численного эксперимента с нагружением конструкции в «середине пролета» или 0,45L. Смещение относительно центра обусловлено наличием у ребристой плит в середине пролета ребра жесткости.

Выводы:

- применение технологии бескранового монтажа с использованием в качестве опорных конструкций плит перекрытий и покрытия в условиях модернизации производства является возможным. Позволяет экономически эффективно и с минимальными трудовыми затратами выполнить работы по монтажу и демонтажу технологического оборудования при загроможденности существующего пространства в условиях действующего производства и невозможности использования стандартных монтажных кранов;

- перед применением ребристых и пустотных плит в качестве опорных несущих конструкций важно определить их физико-механические характеристики перед монтажными работами, а именно класс бетона, диаметр и количество арматуры конструкций;

· выявлена прямая зависимость от общей площади преднапрягаемой арматуры железобетонной плиты к допустимой монтажной нагрузке. В пределах допустимых нормативных значений по прогибу и ширине раскрытия трещин определены максимальные значения монтажных нагрузок при вертикальном нагружении. Для различных типов и характеристик железобетонных плит допустимые монтажные нагрузки составили от 250 кг до 9300 кг.

Список библиографических ссылок

1. Юдина А.Ф., Ладнушкин А.А. Разработка контруктивно-технологических решений бескранового монтажа при реконструкции промышленных зданий // Доклады 68-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета, СПбГАСУ, В 5 ч. I. – СПб., 2011. – 240 с.
2. Ладнушкин А.А. Анализ состава технологических процессов демонтажа и монтажа ограждающих конструкций на действующих электростанциях // Вестник гражданских инженеров, СПбГАСУ, 2012, № 3 (32). – 169 с.
3. Юдина А.Ф., Ладнушкин А.А. Исследование параметров бескрановой технологии реконструкции промышленных зданий. // Вестник гражданских инженеров, СПбГАСУ, 2011, № 2 (27). – С. 115-117.
4. Ладнушкин А.А. Техничко-экономическое обоснование технологии бескранового монтажа при реконструкции теплоэлектростанций // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 367-372.
5. Шахпаронов В.В., Шахпаронов В.В., Аблязов Л.П., Степанов И.В. Организация строительного производства (Справочник строителя). – М.: Стройиздат, 1987. – 460 с.
6. Центральное бюро научно-технической информации. Оборудования и приспособления для монтажа строительных конструкций. Отраслевой каталог. Часть 2 (Канаты, блоки, домкраты, лебедки). – М.: Стройиздат, 1985.
7. Топчий В.Д., Гребенник Р.А. Реконструкция промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1990. – 591 с.
8. Ипатов П.П., Финкель А.В. Монтажные подъемно транспортные механизмы и такелажные работы. – М.: Стройиздат, 1975. – 343 с.

Ladnushkin A.A. – candidate of technical sciences, technical director

Avhadeev R.R. – engineer

Hasanov R.M. – general director

Sadykov R.R. – engineer

E-mail: sic_expertiza@mail.ru

LLC «Specialized engineering center «Expertise»

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Profsoyuznaya st., 17v

Analysis of the use of concrete slabs for industrial buildings without crane technology for installation in the modernization of existing facilities

Resume

The required modernization of technological process is often complicated by the need to implement projects in terms of existing industrial buildings. Replacement of technological equipment requires large volumes of works on installation and dismantling, in the absence of the building has its own lifting mechanisms require large financial and labor costs. Often use the standard mounting equipment, such as jib cranes or overhead in mind their absence, it is impossible in the conditions of production, as the work of the crane interfere with the existing design and constrained conditions, general plans. An existing internal areas are also densely cluttered and does not allow the movement of goods on the floor. This article considers the question about the use of load-bearing reinforced concrete precast floor slabs and coatings as a support for mounting the mounting accessories. The basis of the methods of movement of goods laid without crane mounting technology. The analysis of stress-strain state of the loaded precast

slabs to a device of the suspensions in the form of concentrated forces. As a result the conclusion is made about the application of the method without crane dismantling, using as support structures floor slabs and coatings.

Keywords: technology of without crane installation, modernization of industrial enterprises, industrial buildings, precast concrete floor slabs and coatings, dismantling, installation.

Reference list

1. Yudina A.F., Ladnushkin A. Development of constructive-technological decisions of the ROS Assembly during the reconstruction of industrial buildings // proceedings of the 68th scientific conference of professors, teachers, scientific workers, engineers and postgraduate students of the University of architecture and civil engineering, 5 In part I. – SPb., 2011. – 240 p.
2. Ladnushkin A.A. Analysis of the technological processes of dismantling and mounting of enclosing structures at existing power plants // Bulletin of civil engineers of architecture and civil engineering, 2012, № 3 (32). – 169 p.
3. Yudin A.F., Ladnushkin A. A. Study of parameters of ROS technology of reconstruction of industrial buildings // Bulletin of civil engineers of architecture and civil engineering, 2011, № 2 (27). – P. 115-117.
4. Ladnushkin A.A. Techno-economic substantiation of the technology of the ROS Assembly during the reconstruction of thermal power plants // Izvestiya KGASU, 2012, № 4 (22). – P. 367-372.
5. Shakhparonov V.V., Ablyazov L.P., Stepanov I.V. Organization of construction industry (Builder's Guide). – M.: Stroiizdat, 1987. – 460 p.
6. Central Bureau of scientific and technical information. Equipment and accessories for installation of building structures. The branch directory. Part 2 (Ropes, blocks, jacks, winches). – M.: Stroiizdat, 1985.
7. Topchii V.D., Grebennik R.A. reconstruction of the industrial enterprises. – M.: Stroiizdat, 1990. – 591 p.
8. Ipatov P.P., Finkel V.A. Installation lifting and transport mechanisms and rigging. – M.: Stroyizdat, 1975. – 343 p.