

УДК 69.057

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МОНТАЖА КОНСТРУКЦИЙ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

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. Функциональные требования, предъявляемые к объектам культурно-зрелищного назначения, спортивным сооружениям, центрам торговли или зданиям производственного назначения обуславливают увеличение пролетов зданий и сооружений. Вследствие больших габаритов и массы конструктивных элементов, их не всегда возможно монтировать в цельном виде традиционными методами с применением единичных грузоподъемных средств. Поэтому монтаж таких элементов выполняют из отдельных частей. Этому предшествует предварительное укрупнение элементов с целью формирования монтажных блоков, с их последующим перемещением в проектное положение. Проведенные исследования указывают на факт, что с увеличением единичной массы укрупняемых конструкций суммарная трудоемкость по их укрупнению возрастает, а трудоемкость по монтажу снижается. Однако, в связи с тем, что капитальные вложения и единовременные затраты на устройство стендов по укрупнительной сборке резко возрастают по мере увеличения габаритов монтажных блоков, можно предположить, что существует рациональный вариант, обеспечивающий оптимальное соотношение габаритов блока с конечными затратами по сборке конструкций большепролетного покрытия. Задача по определению оптимальных значений габаритов, характеризующих монтажный блок, решалась путем составления уравнения связи критерия оценки (удельные приведенные затраты). Для каждой отправочной марки, изготовленной в заводских условиях и доставленной к месту укрупнительной сборки, путем экономико-математического моделирования полного технологического процесса устанавливались величины приведенных затрат на единицу продукции, в зависимости от параметра, подлежащего оптимизации. Результатом такого подхода явилась разработка метода повышения уровня технологичности монтажа большепролетных покрытий и построение системы расчетов, которые обеспечат возможность совершенствования полного технологического процесса и роста его эффективности. Это достигается путем повышения соответствия технологических свойств объемно-планировочных и конструктивных решений организационно-техническим условиям процессов изготовления элементов конструкции покрытия, их транспортирования, погрузки и разгрузки, укрупнительной сборки и непосредственно монтажа. Предложенная в статье концепция установления оптимальных параметров монтажных блоков предопределяет минимизацию затрат по сборке большепролетного покрытия и способствует принятию эффективных организационно-технологических решений. Полученные результаты также позволяют сформулировать предложения по совершенствованию технических характеристик грузоподъемных машин и механизмов.

Ключевые слова: технология строительного производства, математическая модель, оптимизация, габариты монтажных блоков, приведенные затраты, большепролетные здания

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МОНТАЖУ КОНСТРУКЦІЙ ВЕЛИКОПРОЛІТНИХ БУДИНКІВ І СПОРУД

СОКОЛОВ І. А.¹, *д.т.н., доц., декан факультету ПЦБ, Заслужений будівельник України*

¹ Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва і архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-76, e-mail: pgs@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-8366-4301

Аногация. Функціональні вимоги до об'єктів культурно-видовищного призначення, спортивних споруд, центрів торгівлі чи будівель виробничого призначення обумовлюють збільшення прольотів будівель і споруд. Внаслідок великих габаритів і маси конструктивних елементів, їх не завжди можливо монтувати в цілісному вигляді традиційними методами з застосуванням одиничних вантажопідйомних засобів. Тому монтаж таких елементів виконують з окремих частин. Цьому передують попереднє укрупнення елементів з метою формування монтажних блоків, з їх подальшим переміщенням в проектне положення. Проведені дослідження вказують на факт, що зі збільшенням одиничної маси таких блоків сумарна трудомісткість з їх укрупнення зростає, а трудомісткість по монтажу знижується. Однак, у зв'язку з тим, що капітальні вкладення і одноразові витрати на влаштування стендів для укрупнення різко зростають у міру збільшення габаритів монтажних блоків, можна припустити, що існує раціональний варіант, який забезпечує оптимальне співвідношення габаритів блоку з кінцевими витратами по збірці конструкцій покриття. Завдання з визначення оптимальних значень габаритів, що характеризують монтажний блок, вирішувалася шляхом складання рівняння зв'язку критерію оцінки (питомі приведені витрати). Для кожної відправної марки, виготовленої в заводських умовах і доставленої до місця укрупнення, шляхом економіко-математичного моделювання повного технологічного процесу встановлювалися величини приведених витрат на одиницю продукції, залежно від параметра, що підлягали оптимізації. Результатом такого підходу стала розробка методу підвищення рівня технологічності монтажу покриттів великого прольоту і побудова системи розрахунків, які забезпечать можливість вдосконалення повного технологічного процесу і зростання його ефективності. Це досягається

шляхом підвищення відповідності технологічних властивостей об'ємно-планувальних і конструктивних рішень організаційно-технічним умовам процесів виготовлення елементів конструкції покриття, їх транспортування, навантаження і розвантаження, укрупнення і безпосередньо монтажу. Запропонована в статті концепція встановлення оптимальних параметрів монтажних блоків зумовлює мінімізацію витрат по збірці покриття великого прольоту і сприяє прийняттю ефективних організаційно-технологічних рішень. Отримані результати також дозволяють сформулювати пропозиції щодо вдосконалення технічних характеристик вантажопідіймальних машин і механізмів.

Ключові слова: проектні рішення (ПР), організаційно-технологічні рішення (ОТР), показники складності

OPTIMIZATION OF LARGE-SPAN BUILDING FRAMES ASSEMBLY PROCESS

SOKOLOV I. A. ¹, *doct. Sc. (Tech.), docent*, dean of the industrial and civil engineering faculty

¹ Department of Construction technology, State Higher Education Establishment "Pridneprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-76, e-mail: pgs@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-8366-4301

Summary. Functional requirements for objects of cultural and entertainment purposes, sports facilities, trade centers or industrial buildings cause an increase in span of buildings. Due to the large size and weight of structural elements, it is not possible to mount it in single piece by conventional methods using a single lifting gear. Therefore assembling of these elements are made of separate parts. This is preceded by a preliminary enlargement of the elements to form the mounting blocks with their subsequent transfer to the design position. During the increasing of unit mass, the total enlargement laboriousness increases also, and a laboriousness of the installation decreases. However, due to the fact that capital investment and recurrent costs of the enlargement stand device is greatly increased with the increasing of dimensions of the mounting blocks, it can be assumed that there is a rational option, providing the optimal ratio of dimensions of the block with the final cost of the assembly of span coverage. The further task of determining the optimal values which characterize the mounting unit, was solved by drawing up criteria for evaluating the adjusted costs. For each span-coverage prefab element, made at the factory and delivered to the site, by means of economic and mathematical modeling of complete process it is calculated a final production cost. The result of this approach was to develop a method of improving workability of installation and construction of large-span covering the settlement system that will provide an opportunity to improve the full process and increase its efficiency. Proposed concept of establishing the optimal parameters of mounting blocks determines the minimization of costs for the large-span coverage installation and promotes the adoption of efficient organizational and technological solutions.

Keywords: design solutions, organizational and technological solutions, indicators of complexity

Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими заданиями.

Технологические и функциональные требования, предъявляемые обществом к объектам культурно-зрелищного назначения, спортивным сооружениям, ангарам, центрам торговли, зданиям производственного назначения и т.п. обуславливают увеличение пролетов зданий и сооружений. Поэтому в последние годы все чаще встречаются примеры возведения зданий и сооружений пролетом более 200 м.

В качестве элементов большепролетных зданий и сооружений применяют металлические балочные и ферменные системы (иногда предварительно напряженные), блочно-балочные конструкции с тонколистовыми обшивками, панельно-блочные, перекрестно-стержневые структуры, рамные, арочные и купольные системы, висячие покрытия и пр.

Вследствие больших габаритов и массы конструктивных элементов, их не всегда возможно монтировать в цельнособранном виде традиционными методами с применением единичных грузоподъемных средств. Более того, процесс монтажа усложняется тем, что рабочие отметки

высоты перекрываемого пространства составляют десятки метров. Поэтому монтаж таких элементов выполняют из отдельных частей. Этому предшествует предварительное укрупнение элементов с целью формирования монтажных блоков, с их последующим перемещением в проектное положение с использованием комбинаций существующих способов и методов монтажа или разрабатываемых под конкретное объемно-конструктивное решение специальных технологий.

Известны примеры монтажа большепролетных покрытий крупными блоками массой до 1500т, что не является пределом.

Таким образом, в связи с усложнением объемно-планировочных (ОПР) и конструктивных (КР) решений большепролетных зданий и сооружений, вызываемых функциональными требованиями, предопределяется значение и актуальность выбора путей развития технологии возведения и критического анализа вариантов ее осуществления с учетом относительных достоинств и недостатков, а также наиболее рациональных технологических процессов изготовления, транспортирования и монтажа конструкций. Одним из наиболее важных аспектов этой проблемы является соответствие технологических свойств ОПР и КР организационно-

технологическим условиям и возможностям процессов возведения.

Основной проблемой технологического процесса монтажа конструкций большепролетных зданий и сооружений являются полное отсутствие технической возможности их изготовления в заводских условиях как единого целого, а также ограничения, возникающими при их транспортировании.

То есть речь идет об изготовлении в заводских условиях отдельных элементов и блоков (отправочных марок) с предельными габаритами и массой, которые ограничены возможностью их транспортировки на строительную площадку. Поступив в зону монтажа отправочные марки проходят укрупнительную сборку до габаритов и массы, позволяющих грузоподъемным средствам осуществить их установку в проектное положение и после проведения операций по стыковке обеспечить целостное большепролетное покрытие.

Анализ исследований и публикаций.

В рамках обозначенной проблемы был проведен анализ исследований и оценка существующих методов, обеспечивающих принятие эффективных решений. Одним из наиболее важных аспектов этой проблемы является установление степени соответствия технологических свойств конструктивного решения большепролетного покрытия организационно-техническим условиям полного технологического процесса монтажа, т.е. установление уровня технологичности создаваемого продукта. Бурный рост технико-экономических исследований, посвященных технологичности конструкций, имел место в конце 50-ых годов. В этих работах сформулированы основные виды конструктивной, производственной и эксплуатационной технологичности. Значительное количество исследований посвящено технологичности продукции литейного производства, судостроительной и авиастроительной промышленности. Исследование технологических свойств судостроительной и авиастроительной продукции представляет определенный интерес, т.к. в этих отраслях, как и в строительстве, предметы труда перемещаются в пространстве и времени, а конечный продукт неподвижен. Выполненный анализ предоставил возможность установить пути решения проблемы повышения эффективности монтажа большепролетных покрытий [1, 2, 8].

Цель статьи.

Разработка метода повышения уровня технологичности монтажа большепролетных покрытий и построение системы расчетов, которые обеспечат возможность совершенствования полного технологического процесса и, как следствие, роста его эффективности путем повышения соответствия технологических свойств ОПП и КР организационно-

техническим условиям процессов изготовления элементов конструкции покрытия, их транспортирования, погрузки и разгрузки, укрупнительной сборки и непосредственно монтажа.

Изложение основного материала.

Основой поиска оптимального технологического процесса монтажа конструкций большепролетных зданий и сооружений явилось графическое представление процесса в виде морфологической модели. Это позволило описать процесс в виде каскада экспоненциального типа, который, в свою очередь, представляет ни что иное как граф построения оптимального технологического процесса, длина дуг которого соответствует величине финансовых затрат, значения которых могут быть установлены по экономико-математическим моделям технологических процессов. В качестве критерия оценки эффективности процессов приняты приведенные затраты на единицу продукции ($S_{\text{пр}}$). Изучение закономерной изменения $S_{\text{пр}}$ в системе строительного производства и определение теоретических и эмпирических соотношений затрат, выполненных на основании исследования значимых параметров, характеризующих процессы, позволило получить экономико-математические модели, описывающие процессы изготовления (стендовый, агрегатно-поточный и конвейерный), транспортирования, погрузки-разгрузки, укрупнительной сборки (автомобильными, пневмоколесными, гусеничными, башенными и козловыми кранами) с учетом схем монтажа (продольная, поперечная, комбинированная, горизонтальная и вертикальная) и методов монтажа (раздельный смешанный и комплексный). В основу построения моделей в каждой подсистеме положена продолжительность производственного цикла ($T_{\text{ц}}$) как интегральная величина продолжительности операций ($t_{\text{оп}}$) с учетом их возможного совмещения (с), сменности работы и серийности производства.

Сравнительная оценка технико-экономических показателей монтажа большепролетных (96м) покрытий производственных корпусов длиной 216м представлена в таблице 1. Рассмотрены и изучены три варианта покрытия и монтажа:

1 вариант - покрытие балочно-арочное, монтаж укрупнительными блоками массой до 45т с помощью двух кранов и четырех временных опор;

2 вариант - ферменное покрытие, монтаж блоками массой до 520т с помощью подмостей-установщика;

3 вариант - балочно-арочное покрытие, монтаж которого осуществлялся блоками массой 1200т с помощью четырех ленточных гидropодъемников.

Данные таблицы подтверждают факт о том, что с увеличением единичной массы укрупняемых конструкций суммарная трудоемкость по их укрупнению возрастает, а трудоемкость по монтажу снижается. Однако, в связи с тем, что капитальные

вложения и единовременные затраты на устройство стендов по укрупнительной сборке резко возрастают по мере увеличения габаритов монтажных блоков, можно предположить, что существует рациональный вариант, обеспечивающий оптимальное соотношение габаритов блока с конечными затратами по сборке конструкций большепролетного покрытия.

Таблица 1

Технико-экономические показатели вариантов покрытия 96x216м

Technical and economic indicators of different variants of 96x216 m roof coverage

Наименование показателей	Вариант		
	1	2	3
Масса металлоконструкций, т	4700	4404	4200
Продолжительность укрупнения и монтажа элементов покрытия, смены	312	216	264
Суточная численность рабочих, чел.	60	25	9
Трудозатраты, чел-смены	18720	5080	2380
Выработка, кд / чел-смену	96	870	1770
Приведенные затраты, грн / т	2103	1437	506
Масса металлоконструкций укрупнительного блока, т	45	520	1200

Основным элементом, образующим монтажный блок, является отправочная марка, изготовленная в заводских условиях и имеющая такие габариты: длина - l_i , ширина - b_i , высота - h_i , масса q_i . Укрупнительной сборке предшествует доставка отправочной марки в зону монтажа. Ширина отправочной марки и ее высота жестко регламентируются конструктивными особенностями покрытия, техническими возможностями предприятия-изготовителя и нормами транспортирования. Укрупнение производится на стендах с использованием крановой техники до габаритов и массы, обеспечивающих минимальные затраты по установке монтажных блоков в проектное положение, т.е. учитывая, что высота блока является постоянной величиной, на стенде формируется блок с габаритами:

$$L_j = \sum_{i=1}^n l_i; B_j = \sum_{i=1}^n b_i \text{ и массой } Q_j = \sum_{i=1}^n q_i$$

То есть речь идет о возможностях монтажа покрытия единичными элементами с параметрами l_i , b_i , q_i (отправочные марки) или укрупненными блоками размерами L_j , B_j и массой Q_j . Предельным монтируемым блоком, гипотетически, может быть целостная конструкция большепролетного покрытия с размерами в плане L , B и массой Q , собранная на стенде укрупнительной сборки из N штук отправочных марок:

$$N = \frac{L * B}{l_i * b_i} \quad (1)$$

Немаловажным фактором, влияющим на степень укрупнения элементов, является возможность осуществления значительного количества сборочных операций на "нулевой" отметке, что в значительной мере влияет на продолжительность монтажного цикла при сборке блоков на проектной отметке.

Задача по определению оптимальных значений габаритов, характеризующих монтажный блок, решалась путем составления уравнения связи критерия оценки (удельные приведенные затраты $S_{пр}$) и соответствующего показателя. Для отправочной марки i -го типа путем экономико-математического моделирования полного технологического процесса устанавливались для каждой из подсистем производства величины приведенных затрат на единицу продукции (R), в зависимости от параметра, подлежащего оптимизации при условии обеспечения сопоставимости результатов:

$$S_{пр i}^R = \Phi_R(K_{\mu}) \quad (2)$$

где: K_{μ} - показатель, характеризующий μ -е технологическое свойство.

Учитывая, что монтажные блоки состоят из совокупности отправочных марок, которые характеризуются постоянной высотой h_i , шириной b_i и массой q_i , в качестве основного показателя, формирующего затраты на его сборку, принята масса монтажного блока Q_i (т). Такой подход к назначению показателя позволяет, с учетом того, что h_i и b_i являются постоянными величинами, определять рациональные габариты монтажного блока. Масса монтажного блока может быть представлена выражением:

$$Q_j = m * L_j * B_j, \text{ т} \quad (3)$$

где: m - коэффициент металлоемкости на 1 м^2 конструкции покрытия;

$$m = \frac{Q}{LB}, \text{ т/м}^2 \quad (4)$$

Установив рациональную массу монтажного блока возможен переход к его габаритам по длине и высоте:

$$L_j = \frac{Q_j}{m B_j} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{m \sum_{i=1}^n b_i} \quad (5)$$

$$B_j = \frac{Q_j}{m L_j} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{m \sum_{i=1}^n l_i} \quad (6)$$

где: n - количество отправочных марок, образующих укрупненный монтажный блок.

Исследования по определению оптимальных значений, характеризующих K_{μ} -е показатели, описывающие габариты и массу монтажного блока, производились в следующей последовательности. На первом этапе для каждой из подсистем разрабатывались экономико-математические модели, описывающие p -ый технологический процесс, и

устанавливались их рациональные параметры, характеризующие организационно-технологические условия процессов, с целью обеспечения максимальной эффективности. На втором этапе решалась задача обеспечения минимальных удельных приведенных затрат по установке монтажного блока в проектное положение путем установления оптимальных габаритов и массы монтируемого блока.

Процессу сборки большепролетного покрытия предшествовали процессы, описанные сложными функциями в подсистемах строительного производства: изготовление отправочной марки ($S_{ПРj}^I$), ее транспортирование ($S_{ПРj}^{TP}$), погрузка-разгрузка ($S_{ПРj}^{PR}$), укрупнительная сборка ($S_{ПРj}^{YC}$), и непосредственно монтаж ($S_{ПРj}^M$). То есть, удельные приведенные затраты на установку монтажного блока, зависящие от его габаритов и массы, могут быть описаны зависимостью:

$$S_{ПРj}^M = \sum_{\rho=1}^5 S_{ПРj}^{\rho} = \sum_{\rho=1}^5 \Phi_{\rho}(K_{\mu}), \text{ рпн/м}^2 \quad (7)$$

Совокупные удельные приведенные затраты на сборку большепролетного покрытия описываются уравнением

$$S_{ПР} = \frac{LB}{l_i b_i} * \sum_{\rho=1}^5 \Phi_{\rho}(K_{\mu}), \text{ рпн/м}^2 \quad (8)$$

Применение корреляционно-регрессионного анализа (парная корреляция) позволило для каждой из подсистем строительного производства найти закономерности изменения приведенных затрат на единицу продукции в зависимости от K_{μ} -го показателя, характеризующего одно из технологических свойств монтажного блока:

- для подсистем, затраты в которых уменьшаются с увеличением K_{μ}

$$S_{ПР}^{\rho} = \frac{a_{\rho}}{K_{\mu}} + c_{\rho} \quad (9)$$

- для затрат, которые увеличиваются пропорционально K_{μ}

$$S_{ПР}^{\rho} = d_{\rho} K_{\mu} + c_{\rho} \quad (10)$$

Суммарные приведенные затраты на единицу продукции в системе производства работ по сборке покрытия большепролетного здания или сооружения представляют собой сумму затрат в пяти основных подсистемах и могут быть представлены формулой

$$S_{ПР} = \sum_{\rho=1}^5 S_{ПР}^{\rho} = \sum_{\rho=1}^Z \left(\frac{a_{\rho}}{K_{\mu}} + c_{\rho} \right) + \sum_{\rho=1}^U (K_{\mu} + c_{\rho}) \quad (11)$$

где: U и Z – количество подсистем строительного производства соответственно с увеличивающимися и уменьшающимися в зависимости от K_{μ} затратами (U + Z = 5);

$a_{\rho}, d_{\rho}, c_{\rho}$ – расчетные коэффициенты.

Тогда

$$S_{ПР} = \frac{a}{K_{\mu}} + dK_{\mu} + c \quad (12)$$

где:

$$a = \sum_{\rho=1}^Z a_{\rho} \quad b = \sum_{\rho=1}^U d_{\rho} \quad c = \sum_{\rho=1}^5 c_{\rho}$$

В критической точке, где функция (12) будет иметь минимум, значение K_{μ} будет соответствовать оптимальному значению показателя $K_{\mu \text{ opt}}$. С этой целью находим первую производную от $S_{ПР}$ и приравниваем ее нулю.

$$\frac{dS_{ПР}}{dK_{\mu}} = c - \frac{a}{K_{\mu}^2} = 0 \quad (13)$$

Тогда

$$K_{\mu \text{ opt}} = \sqrt{\frac{a}{c}}$$

Если вторая производная от $S_{ПР} > 0$, тогда удельные приведенные затраты в системе строительного производства будут минимальными ($S_{ПР \text{ MIN}}$), а значение показателя K_{μ} , характеризующее одно из свойств монтажного блока, имеет оптимальное значение $K_{\mu \text{ opt}}$.

В рамках излагаемого в статье материала невозможно дать полную версию экономико-математических моделей, описывающих процесс. Для наглядности представим результаты исследований по определению $K_{\mu \text{ opt}}$, выполненные графическим методом путем суммирования ординат (значения $S_{ПР}^{\rho}$) при одинаковых значениях K_{μ} и предположении, что функции $S_{ПР}^{\rho} = \Phi_{\rho}(K_{\mu})$ являются непрерывными. В качестве показателя, описывающего монтажный блок, примем его массу Q_j . Интервал изменений Q_j находится в пределах

$$q_i \leq Q_j \leq Q \quad (14)$$

то есть существует возможность монтажа покрытия элементами массой, равноценной массе отправочных марок вплоть до создания монтажного блока размерами и массой, эквивалентной целостному большепролетному покрытию. На рисунке 1 представлен пример графического определения оптимальной массы монтажного блока.

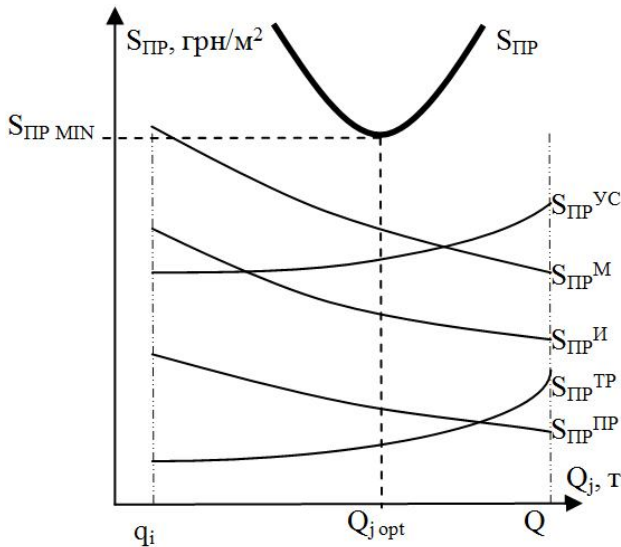


Рис. 1. Установление оптимальной массы монтажного блока

Fig. 1. Establishing the optimal weight of the mounting block

Определение оптимальной массы монтажного блока позволяет, исходя из формул (5) и (6) установить его рациональные габариты. Проведенные исследования показали, что в отдельных случаях определение оптимальной массы монтажного блока $Q_{j\text{opt}}$ установление его габаритов L_j и B_j входит в противоречие с возможностями имеющегося в наличии парка грузоподъемных машин, механизмов и прочего оборудования, способного осуществить его подъем и установку на проектную отметку. В этом случае, исходя из

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Анферов В. Н. Организационно-технологическая надежность эксплуатации башенных кранов. / В. Н. Анферов, С. М. Кузнецов, С. И. Васильев // Журнал "Системы. Методы. Технологии". - 2013. - № 2 (18). - С. 35-41. - Режим доступ: brstu.ru/static/unit/journal_smt/docs/number18/35-41.pdf
Anferov V. N. Organizacionno-tekhnologicheskaya nadezhnost' ekspluatatsii bashennykh kranov. [Organizational and technological reliability of tower crane operations] / V. N. Anferov, S. M. Kuznecov, S. I. Vasiljev // Zhurnal "Sistemy. Metody. Tehnologii". - 2013. - № 2 (18). - pp. 35-41
2. Бондарев А. Б. Оценка монтажных воздействий в однопоясной стержневой металлической оболочке покрытия цилиндрической формы / А. В. Бондарев // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. - 2013. - Вып. 6. - С54-59. Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vdnaba_2013_6_12.pdf
Bondarev A. V. Otsenka montazhnykh vozdeystviy v odnopoyasnoy sterzhnevoy metallicheskoj obolochke pokrytiya tsilindricheskoj formy [Evaluation of the mechanical impacts in stem metal shell of building coverages of cylindrical form] / A. V. Bondarev // Vestnik Donbasskoj natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury. - 2013. - Vyp. 6. - S54-59.
3. Величкин, В. З. Управление и надежность реализации строительных программ [Электронный ресурс]

технических характеристик подъемного механизма, с учетом обозначенной высоты подъема, фиксируются его максимальные возможности по грузоподъемности и вылету стрелы. Речь идет об ограничении массы монтажного блока и его ширины (как производной вылета стрелы). Исходя из принятых ограничений, по аналогии с определением оптимальной массы монтажного блока, устанавливается его оптимальная длина при зафиксированной ширине и массе.

Полученные результаты являются исходными данными для проектирования технологического процесса монтажа конструкций болшепролетных зданий и сооружений. Эффективность принятый в проекте решений может быть оценена уровнем технологичности, определяющим соответствие параметров конструктивного решения болшепролетного покрытия организационно-технологическим показателям его монтажа.

Выводы.

Предложенная в статье концепция установления оптимальных параметров монтажных блоков предопределяет минимизацию затрат по сборке болшепролетного покрытия и способствует принятию эффективных организационно-технологических решений. Полученные результаты позволяют сформулировать предложения по совершенствованию технических характеристик грузоподъемных машин и механизмов, оборудования и подъемно-транспортных устройств.

/ В. З. Величкин // Инженерно-строительный журнал. - 2014. - № 7. - С. 74-79. - Режим доступа: http://www.engstroy.spb.ru/index_2014_07/10.pdf

Velichkin, V. Z. Upravlenie i nadezhnost' realizatsii stroitel'nykh programm [Management and reliability of construction programs implementation] / V. Z. Velichkin // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. - 2014. - № 7. - pp. 74-79

4. Гусаков, А. А. Организационно-технологическая надежность строительного производства / А. А. Гусаков. - М.: Стройиздат, 1974. - 252 с. Режим доступа: <http://www.iatp.am/vahayan/systech/avtor-1111.htm>

Gusakov, A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadezhnost' stroitel'nogo proizvodstva [Organizational-technological reliability of building production]. Moscow, Stroyizdat, 1974. 252 p.

5. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные, и ремонтно-строительные работы. Сборник Е4, Сборник Е5. - Режим доступа: http://www.tehlit.ru/e_enir.htm

Edinye normy i rastsenki na stroitel'nye, montazhnye, i remontno stroitel'nye raboty. Sbornik E4, Sbornik E5. [Uniform standards and fees for building and construction and repair construction work. Compilation E4, Compilation E5].

6. Млодецкий, В. П. Концепція надійності в організації будівельного виробництва / В. П. Млодецкий, А. В. Загуменова, Н. Ю. Морошкіна // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. - 2014. - № 4. - С. 19-24. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vpabia_2014_4_6.pdf

Mlodeck'kyj, V. R. Konceptija nadijnosti v organizacii' budivel'nogo vyrobnyctva [The concept of reliability in construction production organization] / V. R. Mlodeck'kyj, A. V. Zagumenova, N. Ju. Moroshkina // Visnyk Prydniprov's'koi' derzhavnoi' akademii' budivnyctva ta arhitektury. - 2014. - № 4. - pp. 19-24.

7. Недавний О. И. Оценка организационно-технологической надежности строительства объектов / О. И. Недавний, С. В. Базилевич, С. М. Кузнецов // Журнал "Системы. Методы. Технологии". - 2013. - № 2 (18). - С. 137-141. - Режим доступа: brstu.ru/static/unit/journal_smt/docs/number18/137-141.pdf

Nedavnij O. S. Ocenka organizacionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitelstva objektov [Evaluation of organizational and technological reliability of building objects] / O. S. Nedavnij, S. V. Bazilevich, S. M. Kuznecov // Zhurnal "Sistemy. Metody. Tekhnologii". - 2013. - № 2 (18). - pp. 137-141

8. Якуба О. В. Выбор оптимальной конструкции перекрытия большепролетных зданий и сооружений / О. В. Якуба, О. В. Овсянникова, В. З. Величкин, И. С. Птухина // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. - 2015. - №3 (113). - С. 102-107. Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vdnaba_2015_3_29.pdf

Yakuba O. V. Vybor optimal'noy konstruksii perekrytiya bol'sheproletnykh zdaniy i sooruzheniy / O. V. Yakuba, O. V. Ovsyannikova, V. Z. Velichkin, I. S. Ptukhina // Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury.. - 2015. - №3 (113). - pp. 102-107.

9. Bouchair, A. Connection in Steel-Concrete Composite Truss [Text] / A. Bouchair, J. Bujnak, P. Duratna // Procedia Engineering. - 2012. - Volume 40. - P. 96-101. Access mode: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812024484>

10. Bratcu, A. I. Some new results on the analysis and simulation of bucket brigades (selfbalancing production lines) [Электронный ресурс] / A. I. Bratcu, A. Dolgui // International Journal of Production Research, 2009, vol. 47, no. 2, pp. 369-387. www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207540802426128

11. Lee, H. Y. Design and Construction of Sentosa Integrated Resort Developments in Singapore with Mega Steel Trusses using Chinese Structural Steels [Text] / H. Y. Lee, Z. X. Hou // Procedia Engineering. - 2011. - Volume 14. - P. 1089-1097. Access mode: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811012148>

12. Magdy, I. Salama. Estimation of period of vibration for concrete moment-resisting frame buildings [Text] / Magdy I. Salama // HBRC Journal, Volume 11, Issue 1. - April 2015. - P. 16-21. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S168740481400011X

13. Min-Lan Yang. Enhancement of scheduling reliability in building project using theory of constraint [Электронный ресурс] / Min-Lan Yang, Tsung-Chieh-Tsai // Journal of the Operational Research, 2008, vol. 51, no. 4, pp. 284-298 http://www.orsj.or.jp/~archive/pdf/e_mag/51-4-284-298.pdf

14. Tien T. Lan. Space Frame Structures. Chinese Academy of Building Research. [Text] / Tien T. Lan. - China: CRC Press, 2005. - 50 p. Access mode: <http://www.gfsmaths.com/uploads/1/0/0/4/10044815/ch24spaceframestructure.pdf>

15. Yang, K. K. Maximizing throughput of bucket brigades on discrete workstations [Электронный ресурс] / K. K. Yang, Y. E. Lim // Production and Operations Management. - 2009. - Vol.18. - P.48-59. <http://www.mysmu.edu/faculty/yflim/yflim-POM2009.pdf>

Статья поступила в редколлегию 28.04.2015