УДК 69.001.5

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-2-108-119

© А. Ю. Юргайтис, старший преподаватель
© А. О. Желтая, студентка
(Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет,
Москва, Россия)
E-mail: aljurgaitis@gmail.com, zheltayaalex@mail.ru

© A. Yu. Yurgaytis, senior lecturer
© A. O. Zheltaya, student
(National Research Moscow State
University of Civil Engineering,
Moscow, Russia)
E-mail: aljurgaitis@gmail.com, zheltayaalex@mail.ru

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ORGANIZATIONAL AND PROCESS DESIGN SOLUTIONS FOR ERECTING SPORTS FACILITIES

В настоящее время строительство спортивных сооружений вызывает особый интерес. В связи с тенденцией развития спорта высших достижений и повышения доступности массового любительского спорта за последнее время построено значительное число объектов соответствующего функционального назначения: лыжные трассы, стадионы, велосипедные дорожки, водоемы. Особое место в данной номенклатуре занимают большепролетные стадионы со своими сложными и архитектурно выразительными формами. Современные спортивные сооружения строятся по комплексным проектам, инженеры пытаются разработать наиболее комфортные условия для спорта, сделать не только функциональное здание, но и архитектурно-красивое и уникальное. Однако в ряде проектов организационно-технологическое решение разрабатывается индивидуально, потому что нормативно-техническая база не обладает нужными данными, в частности нормой времени на процессы по возведению покрытия, требующие опытного технического нормирования. Проведен анализ опыта России и некоторых зарубежных стран по вариантному организационно-технологическому проектированию технологии возведения покрытий спортивных сооружений. Сформирована блок-схема проектирования плана работ по возведению спортивного сооружения с учетом декомпозиции работ по степени их типизации относительно стандартов технического нормирования. Данные разработки позволяют совершенствовать методы организационно-технологического проектирования с учетом внедрения схем алгоритмизации процесса проектирования организационно-технологических решений для оптимизации разработки вариантов возведения большепролетных объектов, в том числе на основании опытных данных и статистики возведения схожих конструктивных элементов.

Ключевые слова: организация строительства, организационно-технологическое проектирование, календарное планирование, спортивное сооружение.

Currently, special attention is given to the construction of sports facilities. In the context of the trend of development of high-performance sports and increasing the availability of mass amateur sports, a significant number of objects of appropriate functional purpose have been built recently: ski trails, stadiums, bicycle paths, reservoirs. A special place in this nomenclature is occupied by large-span stadiums with their complex and architecturally expressive forms. Modern sports facilities are built according to complex projects; engineers do their best to design the most convenient conditions for sports activities striving to make each facility meet its operational purpose, while being architecturally beautiful and unique. Sometimes, organizational and process design solutions are developed individually, because technical standard framework does not provide necessary data, in particular, the standard time duration of roofing process, which requires expert-based set of norms. The paper analyzes the experience of Russia and several foreign countries on trial organizational and process design of roofing process at sports facilities. As a result of the research, a flow chart has been drawn up for making a plan of the construction of a sports facility, taking into account the decomposition of works according to the degree of their typing in terms of standards of technical rate setting. These developments allow improving the methods of organizational and technological design, taking into account the introduction of algorithmic presentation schemes for the design process of organizational and technological solutions to optimize the development of options for the construction of large-span objects, including on the basis of experimental data and statistics on the construction of similar structural elements.

Keywords: organization of construction, organizational and process design, scheduling, sports facility.

Строительство масштабных объектов имеет собственное техническое направление в проектировании, но в нормативно-технической базе нет единого толкования термина «большепролетные конструкции» или «большепролетный объект» (табл. 1).

Особенностью большепролетных объектов являются значительные пролеты без промежуточных опор и увеличенная несущая способность конструкции перекрытия при малой материалоемкости. Когда промежуточные опоры мешают выполнению технологического процесса, который происходит в здании, возникает необходимость в большепролетных конструкциях. Несущие элементы подобных объектов могут быть выполнены из следующих основных материалов — монолитный железобетон, сборный железобетон, штучные элементы. Обычно большепролетные здания проектируют однопролетными. В плане здания промышленного и специального назначения чаще всего прямоугольные, а общественные бывают многоугольными, круглыми или овальными [1].

Существующие методы возведения большепролетных спортивных объектов на примере футбольных стадионов

Правительство всех стран часто поднимает вопрос о продолжительности жизни человека и здорового образа жизни. Сегодня в России регулярно занимаются спортом 54 млн человек, это почти 40 % от всего населения. При этом поставлена цель уже к 2024 году увеличить эту цифру до 55 %¹. Соответственно, возникает большая потребность в строительстве спортивных объектов, в том числе предназначенных для проведения крупных международных соревнований.

Некоторые спортивные сооружения, например футбольные стадионы, имеют большую площадь и исключают, в связи с архитектурным решением, наличие несущих опор внутри здания — то есть являются большепролетными. Спортивные объекты делятся по своему функциональному назначению на несколько основных типов (табл. 2). В данной статье подробнее рас-

¹ Указ Президента РФ В. В. Путина «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

Таблица 1

Классификационный признак большепролетного здания/сооружения

№ п/п	Источник нормативной документации	Классификационный признак большепролетного здания/сооружения		
		Пролет, м	Количество людей	Консоль, м
1	Градостроительный кодекс РФ «Статья 48.1. Особо опасные, технически сложные и уникальные объекты»	>100 (применяется термин «уникальные»)	—	—
2	Постановление Правительства Москвы от 25 июня 2006 года № 567-ПП «О мерах по обеспечению надежности зданий гражданского назначения с большепролетными конструкциями»	>18	—	—
3	СП 304.1325800.2017 «Конструкции большепролетных зданий и сооружений. Правила эксплуатации»	>18 (гражданское) >30 (промышленное)	>50	>9
4	МРДС 02–08 «Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных»	>36	—	—
5	МДС 20-2.2008 «Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях»	>36	—	—

Таблица 2

Классификация спортивных сооружений по функциональному назначению

№ п/п	Сооружение	Описание	Виды спорта
1	Физкультурно-оздоровительное сооружение (помещение)	Оснащены специальными техническими средствами и предназначены для физкультурно-оздоровительных, спортивных услуг	Все игровые виды спорта, гимнастика, борьба, пауэрлифтинг
2	Спортивная арена	Спортивное ядро с трибунами. На открытом воздухе > 1500 чел., в помещении > 500 чел.	Все игровые виды спорта, гимнастика
3	Спортивный зал	Спортивное крытое сооружение длиной >18 м шириной > 9 м и высотой > 5 м (если размер меньше, то считается «помещением спортивного назначения») с оборудованием для разных видов спорта или универсальное. Может находиться в здании спортивного назначения	Все игровые виды спорта, гимнастика, борьба, пауэрлифтинг, легкая атлетика
4	Манеж спортивный	Может быть встроенное или отдельное, крытое сооружение, которое по размерам подходит под требования учебно-тренировочного процесса и правила соревнований в различных видах спорта. Представляет собой плоскостное большеразмерное сооружение. Допустимо место для зрителей	Футбол, легкая атлетика, конный спорт, плавание
5	Комплекс спортивный	Однотипные или различные объемно-плоскостные сооружения, предназначенные для соревнований или учебных тренировок. Связаны единым управлением и размещены на одной территории. Сооружения допускаются отдельно стоящими или сблокированы под одной крышей	Все игровые виды спорта, гимнастика, борьба, пауэрлифтинг, легкая атлетика
6	Стадион	Комплекс, в который входит спортивная арена	Футбол, велоспорт, бег, легкая атлетика
7	Универсальный спортивно-зрелищный (демонстрационный) зал (Дворец спорта)	Сооружение крытое, рассчитанное на >1000 человек. За счет возможности трансформации достигает универсальности. Благодаря большим размерам главной площадки и зрительного зала могут проходить разные виды спорта	Игровые виды спорта, хоккей, фигурное катание
8	Плавательный бассейн	Гидротехническое крытое или открытое сооружение, в котором расположена ванна размерами, предусмотренными правилами. В одной ванне допускается сочетание оборудования для нескольких видов спорта. Возможен участок с местом для зрителей	Спортивное плавание, водное поло, прыжки в воду, синхронное плавание
9	Стрельбище	Большой комплекс, включающий открытые, крытые или полукрытые сооружения для учебной или опытной стрельбы	Различные виды стрельбы
10	База лыжная	Сооружение, которое включает помещение раздевалок, хранение лыжного оснащения, помещение обслуживания, трассы для тренировок, проведения общих занятий и катания. Иногда трассы включают лыжный стадион, подразумевающий под собой отрезок для старта и финиша > 400м в длину и ширину, предусматривается павильон для судей и трибуны	Горные лыжи, сноубординг, биатлон, спортивное ориентирование, фристайл, прыжки с трамплина

Таблица 3

№ п/п	Тип устройства покрытия	Вариант конструктивной системы покрытия	Описание	Графическое изображение
1	Козырек над трибунами стадиона (консольно-балочная система)	Стадион в Гонконге	Покрытие козырька стадиона в Гонконге выполнено с помощью волнообразных складок, изготовленных на основе синтетических материалов, которые уложены на каркас из металлических элементов
2	Железобетонные консольные монолитные балки	Стадион в Дюссельдорфе, Германия	Балки одним концом опираются на ригель монолитных треугольных железобетонных рам, а в двух других точках они подвешены на вантах к верхней части ригеля. Сечение балки — тавровое, между балками покрытие представляет собой висячую железобетонную цилиндрическую оболочку
3	Ванты	Стадион для крикета в Лондоне, Великобритания	Тентовая конструкция покрывает трибуны реконструированного стадиона для крикета в Лондоне. К стальным трубчатым мачтам прикреплены ванты и подвешен купол из прозрачного синтетического материала — поликарбоната

смотрены стадионы, возведение покрытий которых осуществляется разными методами в зависимости от конструктивной системы покрытия (табл. 3) [10]. И в результате анализа ряда таких спортивных сооружений становится понятно, что уникальная специфика проектирования и реализации организационно-технологических решений присутствует в первую очередь при возведении конструкций большепролетных, архитектурно выразительных покрытий и фасадов (табл. 4) [6].

Покрытие «Волгоград Арены» напоминает велосипедное колесо, выполненное из очень прочных стальных канатов. Объект размещен в историческом месте, компактность достигается за счет канонической, сужающейся к низу формы фасада. Рисунок на самонесущих кон-

струкциях фасада ассоциируется с местной традицией сложного плетения из лозы и праздничным салютом Победы в Великой Отечественной войне. В первую очередь проходили основные мероприятия подготовительного этапа работ, включая демонтаж и утилизацию строительных конструкций стадиона «Центральный» и ранее существовавших инженерных сетей. Затем работы основного периода строительства — устройство котлована и фундаментной плиты. После этого выполняли возведение несущих конструкций стадиона и прокладку внутриплощадочных инженерных сетей, возведение монолитных конструкций стадиона и трибун общим объемом более 120 тыс. м³ бетона. Отделка внутри здания состоит из силовой плиты пола и внутренних перегородок. В 2017 году закончен монтаж гори-

Таблица 4

Примеры спортивных сооружений

№ п/п	Название	Функциональное назначение	Вместимость, человек	Элементы уникальности	Фото
1	«Волгоград Арена», Волгоград, Россия	Стадион, футбол	45 568	Покрытие
2	«Открытие Арена», Москва, Россия	Стадион, футбол	45 360	Покрытие, фасад
3	«Бильбао Арена», Бильбао, провинция Бискайя, Испания	Арена, баскетбол	8793	Покрытие, фасад

зонтальных конструкций кровли стадиона, в том числе уникальной вантовой системы, на которой установлено мембранное покрытие [2, 3].

Одним из сложнейших моментов в строительстве «Открытие Арены» было устройство покрытия стадиона — с помощью большого количества сложных подъемных механизмов строители на высоте от 29 до 36 м смонтировали 8700 т металла. Конструкция крыши включает две продольные фермы, установленные вдоль футбольного поля, и две поперечные фермы, образующие над стадионом перекрестную взаимосвязанную систему. Фермы покрытия обрамлены по верхнему и нижнему поясам стальными листами толщиной 4 мм. В ходе организационно-технологической подготовки, кроме классического метода полунавесной сборки на временных металлических опорах стреловыми кранами,

технологиями подрядной организации потенциально рассматривались альтернативные методы. К таковым в части монтажа элементов большепролетных конструкций относится и метод циклической продольной надвижки на катучих опорах по направляющим.

Фасад стадиона выполнен из цементно-минеральных плит. Плюсом является то, что они способны принять самые разные формы. Изначально собирались выполнить фасад из блоков, но позднее решили использовать более новые технологии «сухого строительства». Стены фасада устойчивы к влаге, что является важным фактором, потому что отапливается только одна трибуна из четырех. Чешуйчатый фасад разработан английским бюро Dexter Moren Associates. Конструкция внешних стен такова, что они

эффективно защищены от атмосферных явлений [4].

Интересное решение зеленого фасада разработано на «**Бильбао Арене**» в Испании. Конструкция арены похожа на лист дерева. Обшивка сделана из стальных пластин, напоминающих листья, которые можно снимать для проникновения в здание дополнительного света и воздуха. Благодаря подобной конструкции можно сэкономить на электроэнергии, коридоры помещения продуваются воздухом, установка кондиционера не требуется. Арена достаточно большая, в ней есть две части, которые можно посетить, когда нет спортивных соревнований. Самая большая арена находится в верхней части сооружения, а спортивные площадки поменьше — в нижней части комплекса. Верхняя арена — с естественным освещением, благодаря стеклянным перегородкам вспомогательных помещений свет проникает и туда. Есть резервуар сбора дождевой воды, что нетипично для сооружения подобного типа. Вода собирается в специальную емкость и передается в распоряжение муниципалитета. Этой водой моют городские улицы Бильбао. Занимающая 30 808 м² спортивная арена требует невероятно большого количества электроэнергии, но благодаря энергоэффективному дизайну фактический расход уменьшается во много раз. Общая площадь здания составляет 80 000 м², и проблема кондиционирования такого объема тоже решается весьма экологично — «перфорацией» зеленого фасада [5].

При разработке организационно-технологических решений реализации подобных уникальных архитектурных форм покрытий и фасадов требуется как применение современных строительных материалов, так и инновационных технологий строительного производства, при техническом и стоимостном нормировании которых возникают определенные сложности [13].

В дополнение к проектной и рабочей документации, которую разрабатывают проектные организации, нормативные требования устанавливают необходимость разработки подрядной организацией организационно-технологических решений, формализованных в виде производственных документов (ППР, ТК, КТП, ТР) (СП 48.13330.2019 «Организация строительства»). Такие организационно-технологические

решения прописываются еще на стадии проектирования в ПОС, однако данное решение требует более глубокой проработки подрядной организацией вариантов выполнения строительно-монтажных работ до строительства для определения потребности в ресурсах, материально-техническом обеспечении и расчета временных параметров операций и процессов. При этом технологическим подрядной организации могут быть предоставлены варианты выбора технологии при надлежащем гибком описании основных организационно-технологических решений возведения объекта в проектной документации в рамках приведенного в ПОС укрупненного графика выполнения работ и реализации основных производственных фондов по периодам строительства [14, 15].

Уточненный и более подробный график производства работ с учетом фактической технологии возведения объекта и фактической мощности строительной организации разрабатывается непосредственно в организационно-технологической документации. Алгоритм построения такого графика, в том числе для строительства уникальных большепролетных спортивных объектов, приведен на блок-схеме (рис. 1). Предполагается параллельная разработка двух моделей: линейная — для наглядного представления и сетевая — для расчета временных параметров [9].

На данном этапе может быть выявлено одно из основных несовершенств современного организационно-технологического проектирования: улучшение стандартов технического нормирования происходит значительно медленнее приращения потребности реализации нестандартных конкурентоспособных проектов уникальных объектов, в том числе спортивных [12]. Как видно из указанной схемы, формирование плана работ (календарного плана) основано на техническом нормировании, при этом норма времени приведена в различных справочных документах, однако ряд строительно-монтажных работ, проводимых по возведению уникального объекта по нестандартным технологиям, отсутствует. В рамках текущего исследования предлагается провести декомпозицию комплекса строительно-монтажных работ по возведению спортивных сооружений на элементарные про-

Рис. 1. Блок-схема пошагового алгоритма формирования линейного графика Ганта на выполнение отдельного вида работ с учетом различных методов технологического нормирования процессов

Рис. 2. Блок-схема технологии возведения стадиона

Таблица 5

Проектирование стальных пространственных ферм

№ п/п	Работы	Процессы	Математическая формализация $q_{i,j}^{I, II, III}$
Работы I категории по возведению спортивных объектов, не требующие опытного технического нормирования			
I ₁	Монолитные работы (1.1)	Армирование	q_{11}^I
I ₂		Опалубливание	q_{12}^I
I ₃		Бетонирование	q_{13}^I
I ₄		Выдерживание и интенсификация	q_{14}^I
I ₅		Уход	q_{15}^I
Работы II категории по возведению спортивных объектов с нетиповой механизацией			
II ₁	Метод полунавесной сборки (1.2)	Монтаж металлоконструкций внешних опор	q_{11}^{II}
II ₂		Подготовка основания под вертикальные опоры	q_{12}^{II}
II ₃		Предварительная укрупнительная сборка, монтаж, сборка в уровне нуля	q_{13}^{II}
II ₄		Подача монтажного блока на рабочей площадке временных опор	q_{14}^{II}
II ₅		Укрупнительная сборка монтажных блоков между собой	q_{15}^{II}
II ₆		Демонтаж металлоконструкций и временных опор	q_{16}^{II}
Работы III категории по возведению спортивных объектов, требующие опытное техническое нормирование			
III ₁	Метод цикличной продольной надвигки (1.3)	Обустройство аванбека	q_{11}^{III}
III ₂		Сборка вспомогательных монтажных элементов для осуществления надвигки	q_{12}^{III}
III ₃		Монтаж домкрата, лебедок и направляющих	q_{13}^{III}
III ₄		Отчисление надвигки в пролет поэлементно с регулярной сборкой	q_{14}^{III}

цессы, которые предложено систематизировать в характерные группы по признаку стандартизации технологического нормирования. Проанализировав ряд объектов, приведем два типа работ (рис. 2).

Работы первого типа с точки зрения организационно-технологического решения не отличаются от работ на объектах иного назначения. Для работ второго типа определение нормы времени само по себе достаточно трудоемко (требует опытного хронометража на строительной площадке), однако внутри этих групп работ, после декомпозиции на процессы, можно выделить «стандартные», техническое нормирование которых не требует дополнительного

опытного хронометража. В качестве примера вариантного проектирования можно рассмотреть такой экзотический метод возведения покрытий стадионов, как метод цикличной продольной надвигки, а также более распространенный и апробированный — метод полунавесной сборки (табл. 5) [7, 8, 11].

Математическая формализация расчета трудозатрат по строительно-монтажным процессам и работам представлена в формулах

$$Q^{I(II,III)} = \sum_{i=1}^n Q_i^{I(II,III)} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_{ij}, (1.1 ((1.2), (1.3)))$$

где $Q^{I(II,III)}$ — суммарная трудоемкость выполнения строительно-монтажных работ I (II, III)

категории; $Q_i^{I(II,III)}$ — трудоемкость выполнения i -й работы I (II, III) категории; $\sum_{j=1}^m q_{ij}$ — сумма трудоемкости j процессов i -й работы I (II, III) категории; i — порядковый номер работы данной категории; j — порядковый номер процесса работы данной категории; n — количество работ данной категории; m — количество процессов работы данной категории.

Выводы

Научная новизна проведенного исследования заключается в том, что авторами сформированы предпосылки к созданию базы данных объектов-аналогов для оптимизации процессов организационно-технологического проектирования возведения уникальных большепролетных объектов. Очевидно, что даже в таком случае невозможно отказаться полностью от опытного хронометража или укрупненных расчетов ввиду отсутствия идентичных объектов подобного назначения, однако такая статистика, подкрепленная пошаговым алгоритмом, автоматизированной декомпозицией работ и расчетом трудоемкости для будущего формирования графика производства работ, позволяет организатору строительного производства оперативно вычленивать работы третьей категории и сократить время подготовки организационно-технологической документации. Симбиоз существующих методов организационно-технологического моделирования (линейные модели, сетевые модели) с автоматизацией пошаговых алгоритмов сформирует системный подход к разработке эффективных и безопасных организационно-технологических решений специалистами подрядных организаций на стадии производственной подготовки строительства уникальных большепролетных объектов. Внедрение алгоритмизированного подхода к формированию организационно-технологических решений при проектировании технологии монтажа большепролетных конструкций спортивных зданий и сооружений позволяет в целом совершенствовать и оптимизировать процессы разработки организационно-технологических документов с декомпозицией комплекса строительно-монтажных работ на категории, что позволяет максимизировать использование опытных данных возведения подобных объектов. Алгоритмизация организационно-технологического проек-

тирования вскрывает следующие задачи, требующие дальнейшей проработки:

1. Стандартизация организационно-технологических решений возведения уникальных спортивных сооружений для оптимизации организационно-технологического проектирования в целом и возможности оперативной проработки различных вариантов технологии монтажа (включая уникальные, нестандартные технологии).

2. Использование описанных предпосылок для создания автоматизированного алгоритма разработки рациональных организационно-технологических решений при возведении большепролетных спортивных уникальных объектов (и соответствующего программного обеспечения).

3. Предварительная оценка производственных показателей вариантов возведения объекта в зависимости от технологии возведения покрытия.

Предложенная типизация работ была использована при формировании организационно-технологической модели возведения ряда спортивных объектов, в частности вариантных проработок технологии монтажа конструкции покрытия стадиона «Открытие Арена» в Москве. Часто отсутствие именно отсутствие достаточных сведений об организационно-технологических особенностях различных методов возведения влечет за собой некоторую ограниченность в действительных вариантах, при разработке которых преследуется цель минимизации рисков применения нестандартных технологий, а специалисты основываются исключительно на апробированных технологиях. Наряду с очевидным достоинством такого подхода (минимизация рисков, отсутствие необходимости привлечения высокооплачиваемых специалистов в области организации строительного производства и технологов), наблюдается утрата потенциала именно вариантного проектирования, когда возможно сравнение принципиально разных технологий по основным производственным параметрам (продолжительность, трудоемкость, стоимость) и последующий выбор наиболее эффективного варианта. При этом описанный в настоящей статье подход с внедрением алгоритма, предусматривающего использование статистики по объектам-аналогам, позволяет в большей степени использовать потенциал вариантного проектирования.

Библиографический список

1. Агеева Е. Ю., Филиппова М. А. Большепролетные спортивные сооружения: архитектурные и конструктивные особенности. Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. 84 с.

2. Чиженок А. Е. Строительство стадиона «Волгоград Арена». Вид на Мамаев курган // Интернет-портал Президентской библиотеки. 2017. URL: <https://www.prilib.ru/item/853450>

3. Сырцова М. В. Специфика технологии строительного процесса. Современные и прогрессивные методы возведения зданий на примере стадиона «Волгоград-Арена» // Всероссийский конкурс педагогического мастерства «Шаблон для создания интерактивной презентации». 2018. URL: https://urok.pf/library/sovremennij_tehnologii_v_stroitelstve_na_primere_113344.html

4. Зыкеев Г. А., Петров Е. В. Особенности возведения большепролетных зданий на примере стадиона «Открытие Арена» // Избранные доклады 65-й университетской науч.-техн. конф. студентов и молодых ученых. Томский гос. архит.-строит. ун-т, 2019. С. 210–214.

5. Лангинен Е. Экологичная «зеленая» Арена Билбао // 13.03.2019. URL: <https://costablancalive.es/yekologichnaya-zelenaya-arena-bilbao/>

6. Родионов Р. Б. Проектирование и строительство спортивных сооружений // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № 7 (102). С. 78–79.

7. Козуб Ю. С., Ластовецкая И. Ю., Кузнецов С. М. Монтаж большепролетных арок // Технические науки: проблемы и решения: 10-я Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: Сибирский гос. ун-т путей сообщения, 2018. С. 36–39.

8. Агеева Е. Ю., Слепцов А. С. Вантовые системы. Конструктивные особенности стадиона «Волгоград Арена» // Научная дискуссия современной молодежи: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. 5-й Междунар. науч.-практ. конф. Нижний Новгород: Нижегородский гос. архит.-строит. ун-т, 2018. С. 76–79.

9. Вьюгина Л. К., Азимов У. График Ганта как одна из моделей повышения эффективности управления бизнес-процессами // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2015. № 11 (113). С. 43–44.

10. Горохов Е. В., Мушанов В. Ф., Кинаш Р. И., Шимановский А. В., Лебедич И. Н. Конструкции стационарных покрытий над трибунами стадионов. 2-е изд., испр. и доп. / под общ. ред. Е. В. Горохова и А. В. Шимановского. Макеевка: ДонНАСА, 2008. 404 с.

11. Болгов В. А., Горохов А. Ю., Юргайтис А. Ю. Опыт монтажа вантовых покрытий спортивных объектов // Современные методы организации и управления строительством: сб. ст. молодых ученых, аспирантов, молодых специалистов, студентов. Санкт-Петербургский гос. архит.-строит. ун-т, 2020. С. 88–91.

12. Oleinik P., Yurgaytis A. Optimization of the annual construction program solutions // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 117. 00130. 8 p. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711700130>

13. Oleinik P., Yurgaytis A. The method of forming solutions for non-critical activities in the preparation and optimization of the construction complex organizations' annual program // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 193. 05010. 7 p. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819305010>

14. Oleinik P., Yurgaytis A., Voronina G., Makarenko A. Methods for the formation and optimization of calendar plans for construction companies // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 251. 05037. 8 p. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825105037>

15. Oleinik P., Yurgaytis A. Algorithmization of the optimization apparatus in the organization of the current planning at the companies of the building complex // MATEC Web of Conferences. 2019. Vol. 265. 07024. 9 p. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926507024>

References

1. Ageeva E. Yu., Filippova M. A. *Bol'sheproletnye sportivnye sooruzheniya: arkhitekturnye i konstruktivnye osobennosti* [Large-span sports facilities: architectural and structural features]. Nizhniy Novgorod, Nizhegorodskiy gosudarstvenniy arkhitekturno-stroitel'niy universitet Publ., 2014, 84 p.

2. Chizhenok A. E. *Stroitel'stvo stadionov «Volgograd Arena». Vid na Mamaev kurgan* [Construction of the Volgograd Arena stadium. View on the Mamaev Kurgan]. *Internet-portal Prezidentskoy biblioteki* [Internet portal of the Presidential Library]. 2017. Available at: <https://www.prilib.ru/item/853450>

3. Syrtsova M. V. *Spetsifika tekhnologii stroitel'nogo protsessa. Sovremennye i progressivnye metody vozvedeniya zdaniy na primere stadionov «Volgograd-Arena»* [Specifics of the construction process technology. Modern and progressive methods of building construction on the example of the Volgograd-Arena stadium]. *Vserossiyskiy konkurs pedagogicheskogo masterstva «Shablon dlya sozdaniya interaktivnoy prezentatsii»* [All-Russia competition of pedagogical skills «Template for creating an interactive presentation»]. 2018. Available at: https://urok.rf/library/sovremennij_tehnologii_v_stroitelstve_na_primere_113344.html

4. Zykeev G. A., Petrov E. V. *Osobennosti vozvedeniya bol'sheproletnykh zdaniy na primere stadiona «Otkrytie Arena»* [Features of the construction of large-span buildings on the example of the stadium "Otkrytie Arena"]. *Trudy 65-y universitetskoj nauch.-tekhn. konf. studentov i molodykh uchenykh* [Proceedings of the 65-th University Science and Technology. conf. of students and young scientists]. Tomskiy gos. arkh.-stroit. un-t Publ., 2019, pp. 210–214.
5. Langinen E. *Ekologichnaya «zelenaya» Arena Bil'bao* [Eco-friendly "green" Arena Bilbao]. 2019. Available at: <https://costablancalive.es/yekologichnaya-zelenaya-arena-bilbao/>
6. Rodionov R. B. *Proektirovanie i stroitel'stvo sportivnykh sooruzheniy* [Design and construction of sports facilities]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka – Construction materials, equipment, technologies of the XXI century*, 2007, no. 7 (102), pp. 78–79.
7. Kozub Yu. S., Lastovetskaya I. Yu., Kuznetsov S. M. *Montazh bol'sheproletnykh arok* [Installation of large-span arches]. *Trudy 10-oy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Tekhnicheskie nauki: problemy i resheniya»* [Proceedings of the 10-th International scientific and practical conference "Technical Sciences: Problems and solutions"]. Sibirskiy gos. un-t puty soobshcheniya Publ., 2018, pp. 36–39.
8. Ageeva E. Yu., Sleptsov A. S. *Vantovyie sistemy. Konstruktivnyie osobennosti stadiona «Volgograd Arena»* [Cable-stayed systems. Design features of the Volgograd Arena stadium]. *Trudy 5-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Nauchnaya diskussiya sovremennoy molodezhi: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii»* [Proceedings of the 5-th International sci.-pract. conference of young scientists "Scientific discussion of modern youth: topical issues, achievements and innovations"]. Nizhegorodskiy gos. arkh.-stroit. un-t Publ., 2018, pp. 76–79.
9. V'yugina L. K., Azimov U. *Grafik Ganta kak odna iz modeley povysheniya effektivnosti upravleniya biznes-protsessami* [The Gantt graph as one of the models for improving the efficiency of business process management]. *Zhurnal nauchnykh publikatsiy aspirantov i doktorantov – Journal of scientific publications of postgraduates and doctoral students*, 2015, no. 11 (113), pp. 43–44.
10. Gorokhov E. V., et al. *Konstruktivnyie statsionarnyye pokrytiya nad tribunami stadionov* [Constructions of stationary coverings over stadium stands]. 2-nd ed., revised. Eds. Gorokhov E. V., Shimanovskiy A. V. DonNASA Publ., 2008, 404 p.
11. Bolgov V. A., Gorokhov A. Yu., Yurgaytis A. Yu. *Opyt montazha vantovykh pokrytiy sportivnykh ob'ektov* [Experience of installation of cable-stayed coverings of sports facilities]. *Trudy konf. molodykh uchenykh, aspirantov, molodykh spetsialistov, studentov «Sovremennyye metody organizatsii i upravleniya stroitel'stvom»* [Proceedings of the conference of young scientists, postgraduates, young specialists, students "Modern methods of organization and management of construction"]. St. Petersburg, Sankt-Peterburgskiy gos. arkh.-stroit. un-t Publ., 2020, pp. 88–91.
12. Oleinik P., Yurgaytis A. Optimization of the annual construction program solutions. *MATEC Web of Conferences*, 2017, vol. 117, 00130, 8 p. Available at: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201711700130>
13. Oleinik P., Yurgaytis A. The method of forming solutions for non-critical activities in the preparation and optimization of the construction complex organizations' annual program. *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 193, 05010, 7 p. Available at: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201819305010>
14. Oleinik P., Yurgaytis A., Voronina G., Makarenko A. Methods for the formation and optimization of calendar plans for construction companies. *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 251, 05037, 8 p. Available at: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201825105037>
15. Oleinik P., Yurgaytis A. Algorithmization of the optimization apparatus in the organization of the current planning at the companies of the building complex. *MATEC Web of Conferences*, 2019, vol. 265, 07024, 9 p. Available at: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201926507024>