

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 69.055

DOI: 10.22227/1997-0935.2025.2.306-316

Эффективность применения башенных кранов при строительстве малоэтажных зданий

Олег Викторович Ашихмин, Алена Петровна Шестакова

Тюменский индустриальный университет (ТИУ); г. Тюмень, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Грузоподъемные механизмы играют важную роль в современном строительном производстве, обеспечивая эффективный и безопасный способ перемещения и подъема материалов и строительных конструкций. Стоянки, путь движения, зоны обслуживания грузоподъемных механизмов отражены на строительных генеральных планах. Проектирование строительной площадки начинается с размещения на ней грузоподъемных механизмов, ведь именно они задают размеры зоны производства работ, местоположение временных дорог, площадок складирования и бытового городка. В общепринятой практике при сравнении вариантов кранов учитывают технико-экономические показатели, связанные с приобретением, арендой и эксплуатацией механизма, не принимая во внимание то, как тот или иной вариант механизации влияет на расположение объектов строительной инфраструктуры и технико-экономические показатели стройгенплана. В связи с возрастающей стесненностью застраиваемых территорий необходим пересмотр системы технико-экономических показателей оценки стройгенпланов с учетом вариантов использования различных видов грузоподъемных механизмов.

Материалы и методы. Изучена нормативно-правовая база, регламентирующая организацию строительной площадки, размещение подъемных механизмов и безопасное строительное производство. Проанализирована проектная и рабочая документация: проекты организации строительства, проекты производства работ, проекты производства работ с применением подъемных сооружений. Выполнено вариантное технологическое проектирование стройгенпланов и оценено влияние принятого грузоподъемного механизма на компактность строительной площадки при возведении малоэтажных объектов.

Результаты. Полученные результаты расширяют представление о выборе грузоподъемных механизмов для возведения малоэтажных объектов. Представленными показателями оценки, учитывающими расположение грузоподъемных кранов на строительной площадке и влияющими на компактность стройгенплана, предлагается дополнить систему технико-экономических показателей оценки эффективности принятых технологических решений.

Выводы. Проектирование строительных генеральных планов должно быть вариантным с рассмотрением различных грузоподъемных механизмов; эффективность выбора крана должна определяться не только системой технико-экономических показателей, но и оценкой влияния на строительную площадку в целом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: строительный генеральный план, технико-экономические показатели, самомонтирующийся башенный кран, самоходный кран, стесненные условия, временные дороги, коэффициент стесненности

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ашихмин О.В., Шестакова А.П. Эффективность применения башенных кранов при строительстве малоэтажных зданий // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. Вып. 2. С. 306–316. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.2.306-316

Автор, ответственный за переписку: Алена Петровна Шестакова, shestakovaap@tyuiu.ru.

Efficiency of tower cranes in the construction of low-rise buildings

Oleg V. Ashihmin, Alena P. Shestakova

Industrial University of Tyumen (IUT); Tyumen, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Lifting mechanisms are important in modern construction production, providing an efficient and safe way to move and lift materials and building structures. Stations, travel routes, and service areas for lifting mechanisms are reflected in construction master plans. Site design begins with the installation of lifting equipment. In common practice, when comparing crane options, technical and economic indicators associated with the purchase, rental and operation of the mechanism are taken into account, without taking into account how a particular mechanization option affects the location of construction infrastructure and technical and economic indicators of the construction plan. Due to the increasing space constraint, it is necessary to revise the system of technical and economic parameters for construction plans assessing.

Materials and methods. The normative-legal base regulating the construction site organization, lifting mechanisms placement and safe construction production is studied. Design and working documentation is analyzed: construction organization projects, projects of works production, projects of works production with application of lifting facilities. The variant technologi-

cal design of construction plans was carried out and the influence of the accepted lifting mechanism on the compactness of the construction site at erection of low-rise objects was estimated.

Results. The obtained results expand the idea about the choice of lifting mechanisms for the erection of low-rise objects. It is suggested to supplement the system of technical and economic indicators of evaluation of the efficiency of the adopted technological solutions with the presented evaluation indicators, which take into account the location of hoisting cranes on the construction site and affect the compactness of the construction site.

Conclusions. The design of construction master plans should be varied and performed with the use of various lifting equipment. The effectiveness of choosing lifting machinery should be determined by a system of parameters along with the main technical and economic parameters to assess construction plans.

KEYWORDS: construction master plan, technical and economic parameters, self-erecting tower crane, fully mobile crane, construction site crowding, temporary roads, construction site crowding ratio

FOR CITATION: Ashihmin O.V., Shestakova A.P. Efficiency of tower cranes in the construction of low-rise buildings. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2025; 20(2):306-316. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.2.306-316 (rus.).

Corresponding author: Alena P. Shestakova, shestakovaap@tyuiu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Грузоподъемные механизмы занимают ведущее место в сфере механизации монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в строительстве. Применение современных моделей грузоподъемных механизмов обеспечивает выполнение требований технологии строительного производства, рост производительности и улучшение условий труда машинистов и рабочих.

Эффективный выбор и расположение грузоподъемных механизмов позволяют рационально использовать отведенную под строительство площадку, повысить технологичность принятых решений и, как следствие, снизить накладные расходы на содержание стройки.

Количество, марка, расположение грузоподъемных механизмов приводятся на строительном генеральном плане (СГП). Проектирование СГП начинается с выбора и размещения грузоподъемного механизма. Несмотря на проводимые исследования методов повышения эффективности организационно-технологических решений в проекте организации строительства (ПОС) и проекте производства работ (ППР) на основе автоматизации проектирования СГП [1–5], разработка стройгенпланов остается преимущественно ручным процессом. Марка, количество и местоположение монтажных кранов во многом определяют стройгенплан и эффективность решений, принятых в процессе технологического проектирования. Отличием современных условий проектирования является внешняя и внутренняя стесненность строительной площадки, которая накладывает ограничения на эффективное развертывание строительного производства [5–10]. В связи с возрастающей стесненностью застраиваемых территорий и увеличением многообразия грузоподъемных механизмов необходим пересмотр системы технико-экономических показателей оценки стройгенпланов с точки зрения влияния на них выбранного грузоподъемного механизма.

В результате изучения литературы все существующие показатели оценки строительных генеральных планов были разделены на две группы:

- экономические показатели по стройке в целом;

- технико-экономические показатели строительного генерального плана^{1, 2, 3} [11, 12].

Среди рассмотренных показателей отсутствуют индикаторы, позволяющие оценить, насколько эффективно подобран кран с учетом условий заданной строительной площадки. Проектирование СГП как объектного, так и общеплощадочного начинается с размещения грузоподъемных механизмов и определения параметров их работы. Монтажный кран или другой грузоподъемный механизм задает размещение основных элементов строительного хозяйства на строительной площадке: временные здания и сооружения должны находиться за пределами опасной зоны работы крана, тогда как склады и временные дороги должны попадать в зону обслуживания крана. Подбор крана проводится по техническим параметрам [13–16], окончательное решение о выборе марки крана принимает подрядчик, руководствуясь также экономическим обоснованием использования того или иного варианта механизации.

Сегодня имеется немало прогрессивных способов производства строительных работ, но из-за низкого уровня организационно-технологического проектирования (ОТП) они не получают необходимого развития. Поскольку монтажный кран задает расположение объектов на СГП и в значительной степени влияет на компактность строительной площадки и технологичность строительного производства, необходимо совершенствование методик оценки результатов ОТП в части выбора, обоснования и размещения монтажных механизмов на стройплощадке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализируем влияние выбора вида грузоподъемного механизма на компактность строитель-

¹ Дикман Л.Г. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов. 5-е изд. перераб. и доп. М. : Изд-во АСВ, 2006. 608 с.

² Костюченко В.В., Кудинов Д.О. Организация, планирование и управление в строительстве : учебное пособие. Ростов н/Д. : Феникс, 2006. 352 с.

³ Ширишков Б.Ф. Организация, управление и планирование в строительстве : учебник. М. : АСВ, 2016. 528 с.

ной площадки на примере малоэтажных объектов, оценим достаточность существующей системы технико-экономических показателей для оценки СГП с учетом заданных кранов и факторов стесненности.

В рассмотренных системах показателей оценки отсутствуют показатели, позволяющие прямо оценить, насколько эффективно подобран кран. В связи с чем авторами предложено несколько критериев оценки стройгенпланов, учитывающих современные тенденции, которые могут дополнить традиционные показатели.

В условиях свободного формирования СГП его площадь будет ограничиваться только существующими нормами, в условиях стесненности площадь СГП может быть значительно сокращена, и в этом случае условие стесненности можно охарактеризовать коэффициентом стесненности:

$$K_{\text{ст}} = \frac{F_{\text{мин ст}}}{F_{\text{max}}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{мин ст}}$ — площадь строительного генерального плана в стесненных условиях; F_{max} — площадь строительного генерального плана в условиях свободного формирования.

С другой стороны, в процессе проектирования, рассматривая различные варианты СГП, одни организационно-технологические решения приводят к сокращению площади строительной площадки, другие решения, наоборот, заставляют занимать под строительство весь отведенный участок. Данный аспект можно охарактеризовать коэффициентом компактности:

$$K_{\text{комп}} = \frac{F_{\text{мин}}}{F_{\text{max}}}, \quad (2)$$

где $F_{\text{мин}}$ — площадь строительного генерального плана минимизированная; F_{max} — площадь строительного генерального плана в условиях свободного формирования.

Чем меньше ограничений наложено на работу крана, тем более полно используются его грузоподъемные характеристики, тем проще организовать работу. Также сокращается количество простоев, связанных с невозможностью совместной работы нескольких механизмов. Для оценки данного критерия можно рассчитать коэффициент ограниченности зоны обслуживания крана по формуле:

$$k_{\text{огр}} = \frac{F_{\text{обсл}}}{F_{\text{обсл max}}}, \quad (3)$$

где $F_{\text{обсл}}$ — площадь зоны обслуживания грузоподъемным механизмом; $F_{\text{обсл max}}$ — площадь зоны обслуживания грузоподъемным механизмом без учета ограничений.

Чем больше зона обслуживания крана, тем больше площадь, занятая строительством, тем сложнее система ограничений, которую необходимо накладывать на работу кранов, что, в свою очередь, сказывается на производительности строительно-монтажных

работ. Для оценки рационального размещения грузоподъемного механизма предложим коэффициент эффективности, определяемый по формуле:

$$k_{\text{эф}} = \frac{F_{\text{застр}}}{F_{\text{обсл}}}, \quad (4)$$

где $F_{\text{застр}}$ — площадь застройки; $F_{\text{обсл}}$ — площадь зоны обслуживания грузоподъемным механизмом.

Первоначально оценить компактность размещения грузоподъемных механизмов можно радиусом описанной вокруг зон обслуживания окружности; такой радиус показывает «размах» зоны обслуживания краном и не требует долгих вычислений:

$$R_{\sum \text{з.о.}} \rightarrow \min. \quad (5)$$

В случае возведения здания несколькими кранами можно предложить еще один критерий эффективного размещения подъемных сооружений на строительной площадке — сокращение площади наложения зон обслуживания:

$$F_{\text{общ.з.о.}} \rightarrow 0. \quad (6)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Традиционно для возведения малоэтажных объектов рассматривают стреловые самоходные краны на гусеничном или колесном ходу. В данном случае при определении этажности зданий устанавливается следующий тип застройки:

- малоэтажная — 1–4 этажа (с учетом мансарды);
- среднеэтажная — 5–8 этажей;
- многоэтажная — 9 этажей и выше⁴.

Применение башенных кранов для малоэтажного строительства — прогрессивное направление повышения технологичности и компактности строительных площадок. Альтернативный выбор средних и малых грузоподъемных механизмов служит фактором формирования организационно-технологического механизма повышения эффективности производства работ при капитальном ремонте зданий [17] и интенсификации малоэтажного строительства [18, 19]. Перспективным направлением в организации малоэтажного строительства, реконструкции и капитальном ремонте мало- и среднеэтажных объектов является использование современных самомонтирующихся башенных кранов. Самомонтирующийся башенный кран — это башенный кран, монтируемый на объекте с помощью собственных механизмов, без верхолазных работ и с оперативным временем монтажа не более 30 мин⁵. Быстромонтируемые краны можно эффек-

⁴ Об утверждении нормативов градостроительного проектирования Московской области : Постановление Правительства Московской области от 17.08.2015 № 713/30 (с изменениями на 31.10.2023). URL: <https://docs.cntd.ru/document/537978947>

⁵ РД 22-28-37-02. Требования к организации и проведению работ по монтажу (демонтажу) грузоподъемных кранов : утв. ФГУП «СКТБ БК» 03.03.2002.

тивно использовать для решения задач малоэтажно-го строительства объектов социального, культурного и бытового обслуживания. Они обеспечивают хорошую досягаемость и грузоподъемность при небольшой площади, что делает их пригодными для работы в стесненных условиях. Самомонтирующиеся башенные краны доставляются на строительную площадку и могут быть установлены менее чем за час. Среди преимуществ также можно отметить возможность дистанционного управления, которой обладают многие краны из линейки самомонтирующихся.

В результате анализа технических паспортов все самомонтирующиеся краны были разделены на три размерных группы по максимальному вылету:

- от 20 до 30 м включительно;
- от 30 до 40 м включительно;
- от 40 м включительно.

Для каждой размерной группы составлен каталог (табл. 1–3).

Выполненная систематизация самомонтирующихся башенных кранов позволяет увидеть широ-

кое разнообразие модельного ряда, насчитывающее более 80 моделей, представленных только на отечественном рынке, и расширить мнение о возможностях использования башенных кранов.

В рамках проведенной научно-исследовательской работы оценено влияние выбора грузоподъемных механизмов на показатели стройгенплана. Были запроектированы в вариантном исполнении СГП на возведение нескольких малоэтажных объектов: школа с помещениями для дошкольного образования в Уватском районе, школа на 800 мест в г. Салехарде, школа на 1200 мест в г. Тюмени. По одному из объектов приведем результаты вариантного технологического проектирования. Рассматриваемая школа со встроенными помещениями для дошкольного образования представляет собой 3-этажное здание из двух разновысотных блоков с техподпольем. Основной центральный блок — учебный на 60 учащихся в осях 5–17 и А–Р и примыкающий к нему одноэтажный детский сад на 25 дошкольных мест, размерами в плане 12,6 × 24 м. С северной стороны

Табл. 1. Каталог самомонтирующихся башенных кранов: максимальный вылет от 20 до 30 м

Table 1. Catalog of self-erecting tower cranes: maximum outreach from 20 to 30 m

Высота подъема, м Height of lift, m	Вылет, м (грузоподъемность на максимальном вылете, т) Outreach, m (lifting ability at maximum outreach, tun)							
	20	21	22	24	25	26	27	28
16	–	–	Liebherr 13 HM.1 (0,5)	–	–	–	–	–
17	Potain Igo 13(0,7) XJCM JFYT1720-10(1) XJCM QTYZ-10 (1)	–	–	–	–	–	–	–
18	–	Terex CBR 21H (0,6)	–	–	–	–	–	–
19	–	–	Potain Igo M 14 (0,6) Potain Igo 15 (0,7)	Potain Igo 18 (0,7) Terex CBR 24 PLUS (0,75)	Liebherr L1-24 (0,95)	Potain Igo 21 (0,7) Potain Igo MA 21 (0,7)	Liebherr 22 HM (0,7)	Potain Hup M 28-22 A (0,85)
20	–	–	–	–	–	–	–	Potain Igo 22 (0,85)
21	–	–	–	–	–	–	Terex CBR 28 PLUS (0,9)	–
22	–	XJCM QTYZ-20 (1)	–	–	–	–	–	–
25	–	–	–	–	–	–	XJCM JFYT2527-20 (1) XJCM JFYT2527-30 (1,2)	–

Табл. 2. Каталог самомонтирующихся башенных кранов: максимальный вылет от 30 до 40 м включительно
Table 2. Catalog of self-erecting tower cranes: maximum outreach from 30 to 40 m inclusive

Высота подъема, м Height of lift, m	Вылет, м (грузоподъемность на максимальном вылете, т) Outreach, m (lifting ability at maximum outreach, tun)					
	30	32	33	35	36	40
21	Potain Igo 30 (0,9) Liebherr L1-32 (1,05) Terex CSE 30 (1,2)	—	—	—	—	—
22	Potain Igo 32 (1,1) РБК-5.60 (1,5)	—	—	—	—	—
22,7	Potain Evy 30-23 4 t Munsters CRL 30-36 (1,15)	—	—	—	—	—
23	—	—	—	—	—	San Marco SMH 401 (1) Potain IGO 50 (1,1)
25	—	—	—	—	Terex CSE 36 (1,3)	Terex CSE 40 (1,05) Terex CBR 40H (1)
26	—	—	Liebherr 34 K (1,1)	—	—	San Marco SMH 400 (1)
27	—	Potain Hup 32-27(1)	—	—	—	—
28	—	—	—	—	Liebherr 42 K.1 (1,2) Liebherr 42 KR.1 (1,2)	Potain GTMR 336A (1)
29,4	—	—	—	Potain GTMR 360B (2)	—	Potain GTMR 340A (1)
30	—	—	Raimondi HR 33 (0,8)	—	—	Potain Hup 40-30 (1)
31	—	—	—	—	—	Liebherr 53 K (1,1)
32,8	—	—	—	—	—	Potain GTMR 350A (1,25)
35	—	—	—	—	—	Potain Igo T 70 A (1,45)

Табл. 3. Каталог самомонтирующихся башенных кранов: максимальный вылет от 40 м
Table 3. Catalog of self-erecting tower cranes: maximum outreach from 40

Высота подъема, м Height of lift, m	Вылет, м (грузоподъемность на максимальном вылете, т) Outreach, m (lifting ability at maximum outreach, tun)					
	42	43	45	48	50	55
28	Terex Peiner CRL 42-80 (1,4)	—	—	—	—	—
32,8	—	—	Potain GTMR 366A (1,3)	—	Potain GTMR 386A (1,1)	—
33,4	—	—	—	—	Potain GTMR 400A (1,73)	—
34,6	—	Liebherr 65 K.1 (1,35)	—	—	—	—
37,3	—	—	—	—	Potain Igo T130 (1,4)	—

Окончание табл. 3 / End of the Table 3

Высота подъема, м Height of lift, m	Вылет, м (грузоподъемность на максимальном вылете, т) Outreach, m (lifting ability at maximum outreach, tun)					
	42	43	45	48	50	55
38	–	–	Potain Igo T85A (1,4)	Potain Igo T 99 (1,2)	–	–
40,4	–	–	–	Liebherr 81 K.1 (1,35)	–	–
41,5	–	SMK-5.66 (1)	–	–	–	Liebherr 125 K (1,3)

к центральному блоку примыкает блок актового зала с размерами в плане 19,54 × 10,54 м. Фрагмент строительного генерального плана малоэтажной школы с помещениями детского сада, возводимой самоходным краном, приведен на рис. 1.

Для возведения школы самоходным краном требуется устройство кольцевой дороги, в связи с чем увеличивается площадь временных дорог

и стройгенплана. Из-за большого количества стоянок зона обслуживания значительно выходит за пределы пятна застройки, что, в свою очередь, увеличивает границу опасной зоны при работе крана.

Современные стесненные условия строительства требуют компактно спроектированных стройгенпланов. Используя разработанные каталоги самомонтирующихся кранов, был запроектирован еще один

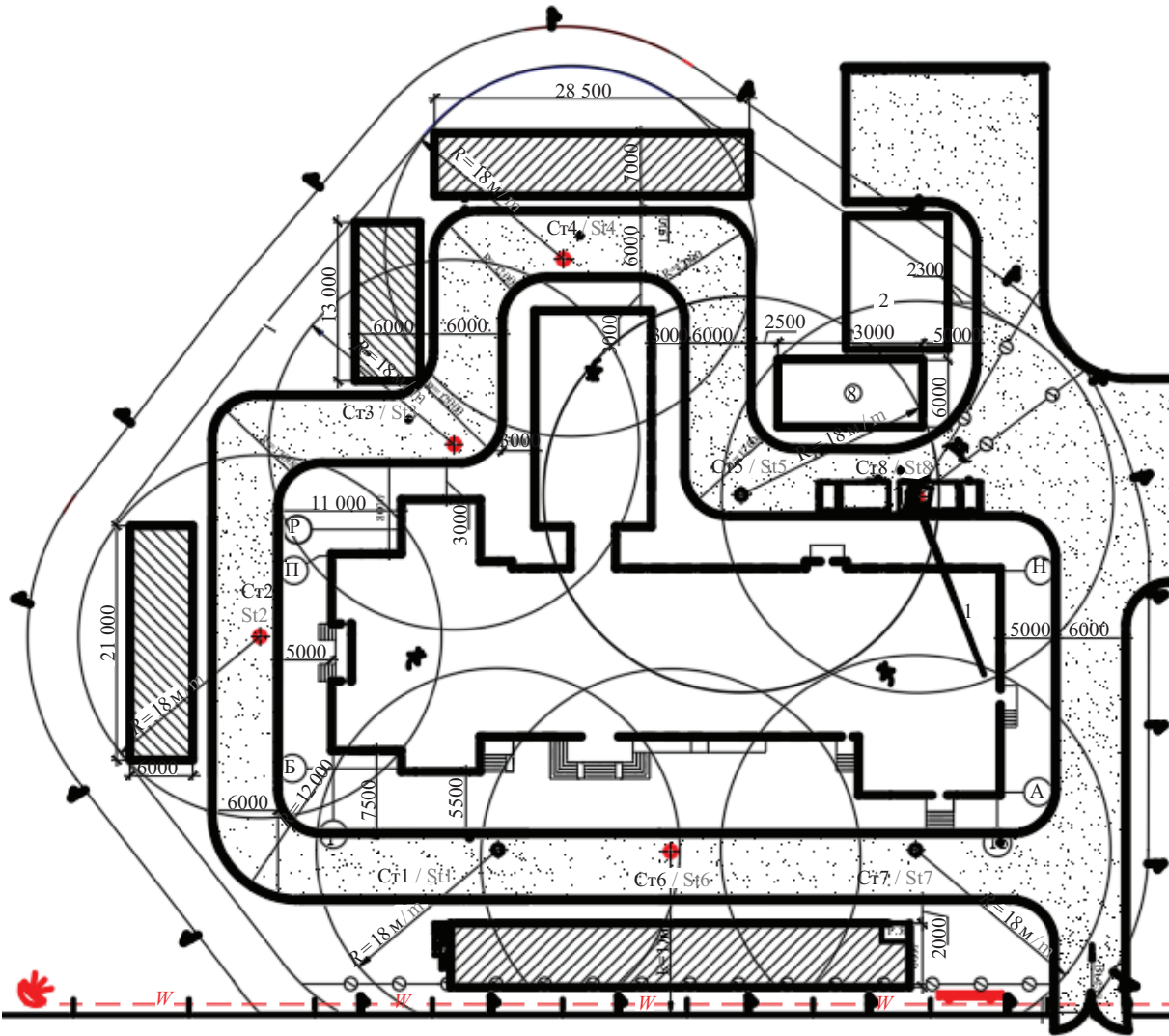


Рис. 1. Фрагмент строительного генерального плана возведения школы самоходным краном KC-55729B

Fig. 1. Fragment of the construction master plan for the school by a fully mobile crane KS-55729V

вариант стройгенплана с применением самомонтирующегося башенного крана Potain GTMR 360B (рис. 2).

Применение башенного крана не требует устройства кольцевой дороги, поэтому площадь временных дорог сокращается, что позволяет уменьшить площадь всей строительной площадки. Благодаря большому вылету, не уступающему традиционным башенным кранам, возведение здания можно вести с одной стоянки, что уменьшает зону обслуживания и опасную зону.

Результаты вариантного проектирования СГП с учетом предложенных показателей сведены в табл. 4.

Во втором случае при применении башенного крана площадь стройгенплана, временных дорог, протяжен-

ность временного ограждения и электроснабжения меньше. Предложенные авторами показатели — коэффициент компактности стройгенплана, коэффициент эффективности размещения грузоподъемного механизма, радиус размаха зоны обслуживания крана — при использовании самомонтирующегося крана лучше.

Сравнив два СГП строительства школы с помещениями для дошкольного образования, можно сделать следующие выводы:

- применение башенного крана позволило уменьшить площадь строительной площадки с 12 350 до 10 055 м², т.е. на 18,6 %;

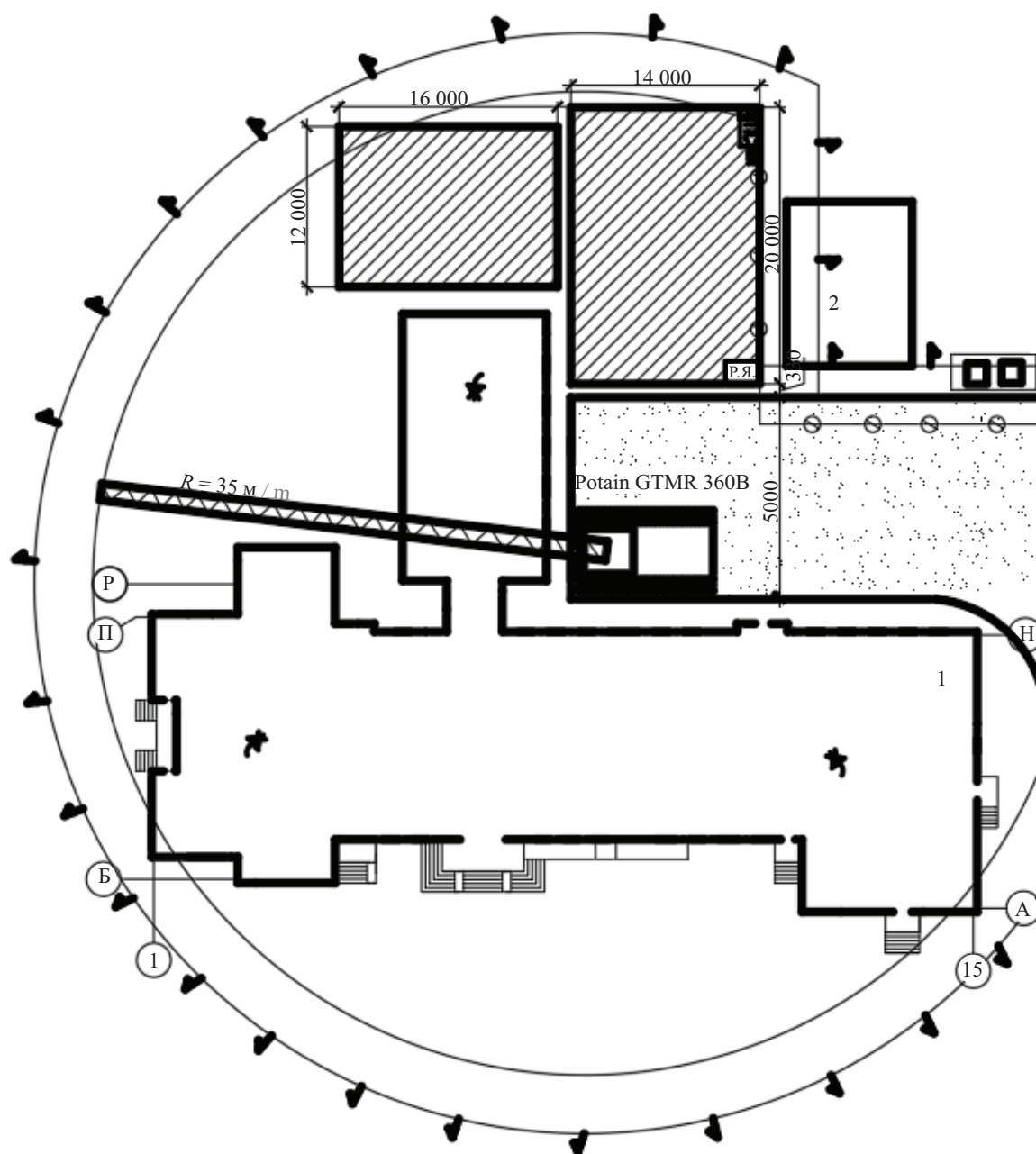


Рис. 2. Фрагмент строительного генерального плана возведения школы самомонтирующимся башенным краном Potain GTMR 360B

Fig. 2. Fragment of the construction master plan for the school construction using a self-erecting tower crane Potain GTMR 360B

Табл. 4. Показатели сравнения вариантов стройгенпланов

Table 4. Comparison parameters for alternate construction plans

Показатель Parameters	Вариант 1 Самоходный кран КС-55729В Option 1 Fully mobile crane KC-55729B	Вариант 2 Самомонтирующийся башенный кран Potain GTMR 360B Option 2 Self-erecting tower crane Potain GTMR 360B
Площадь СГП, м² Construction master plan area, m²	12 350	10 055
Площадь временных дорог, м² Temporary access roads area, m²	3848	1832
Протяженность временного ограждения строительной площадки, м Temporary enclosure length of the construction site, m	459	417
Протяженность временных сетей электроснабжения, м Length of temporary power supply networks, m	458	416
Коэффициент компактности СГП Compactness ratio of the construction master plan	1	0,81
Коэффициент эффективности размещения грузозахватных механизмов Efficiency ratio for placement of load gripping machinery	0,3	0,48
Радиус «размаха» зоны обслуживания крана, м Span radius of the crane coverage area, m	51,2	35
Коэффициент ограниченности СГП Limitation ratio of the construction master plan	0,94	0,83

- использование башенного крана дало возможность сократить площадь временных дорог с 3848 до 1832 м², т.е. на 52,4 %;
- в связи с сокращением площадки строительства уменьшилась протяженность временного ограждения на 42 м, т.е. на 9,2 %;
- так как освещение строительной площадки располагают по периметру, то протяженность временных сетей электроснабжения тоже уменьшилась на 42 м, т.е. на 9,2 %;
- здание школы сложной формы, но при этом компактное, в связи с чем башенный кран его возводит с одной стоянки, так что зона обслуживания крана небольшая, а коэффициент эффективности размещения грузозахватных механизмов выше, чем при использовании самоходного крана;
- радиус размаха, демонстрирующий влияние грузоподъемного механизма на строительную площадку, в случае применения башенного крана меньше и составляет 35 м, а при возведении самоходным краном 51,2 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведенного вариантного проектирования сделан вывод, что, минуя традиционный подход и используя башенные краны для малоэтажного строительства, можно достичь повышения эффективности технологических решений и сокращения объемов временного строительства. В ходе ра-

боты было рассмотрено вариантное проектирование строительных генеральных планов трех малоэтажных объектов сложной формы. Проанализированы варианты возведения как самоходными кранами, так и башенными. С точки зрения эффективного размещения объектов строительного производства применительно к данным зданиям наибольший эффект отмечен при использовании башенных кранов. Применение данного типа механизмов позволяет значительно сократить площадь строительной площадки и временных дорог, разместить компактным образом все объекты строительного производства.

Качество разработки проектов производства работ ненамного улучшилось к настоящему времени, при этом ППР остается практически единственным документом, в котором приведен полный комплекс организационно-технологических решений по производству работ в привязке к ресурсным возможностям подрядчика [20]. Оценка современных стройгенпланов должна проводится с учетом факторов стесненности и разнообразия грузоподъемных механизмов, которые должны быть отражены в системе технико-экономических показателей. В дополнение к существующей системе показателей предложены показатели, учитывающие расположение грузоподъемных кранов на строительной площадке и влияющие на компактность стройгенплана:

- коэффициент ограниченности зоны обслуживания крана;

- коэффициент эффективности размещения грузоподъемных механизмов;
- радиус «размаха» зоны обслуживания крана;
- площадь наложения зон обслуживания нескольких грузоподъемных механизмов.

Применение башенных кранов для малоэтажного строительства в обход традиционному подходу дает возможность более компактно спроектировать строительный генеральный план, что является актуальной задачей в условиях возрастающей внутригородской стесненности. В ходе вариантного проектирования выявлены факторы, определяющие по-

вышение эффективности использования башенных кранов при малоэтажном строительстве: сложная форма здания, отсутствие тяжелых большепролетных конструкций, стесненность на строительной площадке, а также невозможность устройства кольцевой дороги.

В рамках настоящего исследования задан вектор для проектировщиков, подрядчиков и собственников строительной техники в выборе более рациональных грузоподъемных механизмов, которые позволяют повысить эффективность строительства, сократить затраты на содержание стройки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алимбиев К.О. Возможность автоматизации построения строительного генерального плана // Дни студенческой науки : сб. докл. науч.-техн. конф. по итогам науч.-исслед. работ студентов Института цифровых технологий и моделирования в строительстве (ИЦТМС) НИУ МГСУ. 2022. С. 356–360. EDN MVDFQA.
2. Якимов И.А. Исследование методов повышения эффективности организационно-технологического решения в ПОС и ППР на основе возможности автоматизации проектирования строительных генеральных планов // Наука и молодежь : мат. XIX Всеросс. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 2022. С. 167–169. EDN MYWNFW.
3. Bansal V.K. Integrated CAD and GIS-based framework to support construction planning: case study // Journal of Architectural Engineering. 2017. Vol. 23. Issue 3. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000262
4. RazaviAlavi S., AbouRizk S. Site layout and construction plan optimization using an integrated genetic algorithm simulation framework // Journal of Computing in Civil Engineering. 2017. Vol. 31. Issue 4. DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000653
5. Wang X. Using augmented reality to plan virtual construction worksite // International Journal of Advanced Robotic Systems. 2007. Vol. 4. Issue 4. DOI: 10.5772/5677
6. Розанцева Н.В. Аспекты организации строительства в современных условиях городской уплотнительной застройки // Строительное производство. 2023. № 3. С. 28–34. DOI: 10.54950/26585340_2023_3_28. EDN HSGMNH.
7. Субботина Е.К., Лукина Л.А., Кононова Е.С., Громов В.С., Бопун-оол А.А., Мutowина А.С. и др. Организация строительных работ в стесненных условиях // Экономика и предпринимательство. 2019. № 11 (112). С. 947–950. EDN YNZMLK.
8. Aleksanin A. Possible risks in construction of the facility in cramped conditions // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 251. P. 06021. DOI: 10.1051/mateconf/201825106021
9. Gaidukov P., Pugach E. Prospects for the development of stay in place formwork for low-rise buildings in cramped conditions // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 258. P. 09030. DOI: 10.1051/e3sconf/202125809030
10. Sokolov N.S., Viktorova S.S., Maguskin V.V., Malyanova L.I. Common mistakes made under facility construction in cramped conditions // Journal of Physics : Conference Series. 2021. Vol. 1928. Issue 1. P. 012022. DOI: 10.1088/1742-6596/1928/1/012022
11. Ланидус А.А., Демидов Л.П. Исследование факторов, влияющих на показатель потенциала строительной площадки // Вестник МГСУ. 2014. № 4. С. 160–166. EDN SATGXN.
12. Ланидус А.А., Олейник П.П. Обоснование процесса выбора организационно-технологических решений // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 4. С. 70–74. DOI: 10.33622/0869-7019.2024.04.70-74. EDN IHPPPR.
13. Ланидус А.А., Катасонова М.А. Параметры подбора кранового хозяйства при проектировании строительных генеральных планов // Строительное производство. 2019. № 1. С. 56–61. DOI: 10.54950/26585340_2019_1_56. EDN CJYXSJ.
14. Sohn H.W., Hong W.K., Lee D., Lim C., Wang X., Kim S. Optimum tower crane selection and supporting design management // International Journal of Advanced Robotic Systems. 2014. Vol. 11. Issue 8. DOI: 10.5772/58438
15. Zhang Y., Chen K. Digital technologies for enhancing crane safety in construction: a combined quantitative and qualitative analysis // Journal of Civil Engineering and Management. 2023. Vol. 29. No. 7 (2023). Pp. 604–620. DOI: 10.3846/jcem.2023.19574
16. Zhadanovsky B., Bazanov V. Organizational and technological solutions for performing works using specialty equipment // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 97. P. 06002. DOI: 10.1051/e3sconf/20199706002

17. Петросян Р.С. Формирование организационно-технологического механизма повышения технологичности производства работ при капитальном ремонте зданий // *Строительство: наука и образование*. 2023. Т. 13. № 1. С. 84–97. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.1.6. EDN UQDSGZ.

18. Gusakova N., Gusakov A., Prokhorova Yu., Karakozova I. Development of organizational and economic mechanism of intensification of low-rise housing construction in remote areas with special climatic condi-

tions // *E3S Web of Conferences*. 2022. Vol. 363. P. 02035. DOI: 10.1051/e3sconf/202236302035

19. Motyčka V., Gašparík J., Příbyl O., Štěrba M., Hořínková D., Kantová R. Effective use of tower cranes over time in the selected construction process // *Buildings*. 2022. Vol. 12. Issue 4. P. 436. DOI: 10.3390/buildings12040436

20. Олейник П.П. Концепция повышения уровня проектов производства работ // *Промышленное и гражданское строительство*. 2020. № 2. С. 59–63. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.02.59-63. EDN VGKUQF.

Поступила в редакцию 5 сентября 2024 г.

Принята в доработанном виде 23 октября 2024 г.

Одобрена для публикации 27 октября 2024 г.

ОБ АВТОРАХ: **Олег Викторович Ашихмин** — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительного производства; **Тюменский индустриальный университет (ТИУ)**; 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38; РИНЦ ID: 747173, Scopus: 57192667381; ashihminov@tyuiu.ru;

Алена Петровна Шестакова — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры строительного производства; **Тюменский индустриальный университет (ТИУ)**; 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38; РИНЦ ID: 756676, Scopus: 57205079167, ResearcherID: HKV-4731-2023, ORCID: 0000-0003-1572-7280; shestakovaap@tyuiu.ru.

Вклад авторов:

Ашихмин О.В. — концепция исследования, развитие методологии, итоговые выводы.

Шестакова А.П. — написание исходного текста, доработка текста, итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Alimpiev K.O. Possibility of automation of a construction master. *Days of Student Science : collection of reports of the scientific and technical conference on the results of research work of students of the Institute of Digital Technologies and Modeling in Construction National Research University Moscow State University of Civil Engineering*. 2022; 356-360. EDN MVDFQA. (rus.).

2. Yakimov I.A. Research of methods for increasing the efficiency of organizational and technological solutions in Construction Management Plan and Work Design based on the possibility of automation of construction master. *Science and Youth : Materials of the XIX All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists*. 2022; 167-169. EDN MYWNFW. (rus.).

3. Bansal V.K. Integrated CAD and GIS-Based Framework to Support Construction Planning: Case Study. *Journal of Architectural Engineering*. 2017; 23(3). DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000262

4. RazaviAlavi S., AbouRizk S. Site layout and construction plan optimization using an integrated genetic algorithm simulation framework. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2017; 31(4). DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000653

5. Wang X. Using augmented reality to plan virtual construction worksite. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2007; 4(4). DOI: 10.5772/5677

6. Ryazantseva N.V. Aspects of the organization of construction in modern conditions of urban sealing development. *Construction Production*. 2023; 3:28-34. DOI: 10.54950/26585340_2023_3_28. EDN HSGMNH. (rus.).

7. Subbotina E.K., Lukina L.A., Kononova E.S., Gromov V.S., Bopun-ool A.A., Mutovina A.S. et al. Organization of construction work in cramped conditions. *Economics and Entrepreneurship*. 2019; 11(112):947-950. EDN YNZMLK. (rus.).

8. Aleksanin A. Possible risks in construction of the facility in cramped conditions. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 251:06021. DOI: 10.1051/matec-conf/201825106021

9. Gaidukov P., Pugach E. Prospects for the development of stay in place formwork for low-rise buildings in cramped conditions. *E3S Web of Conferences*. 2021; 258:09030. DOI: 10.1051/e3sconf/202125809030

10. Sokolov N.S., Viktorova S.S., Maguskin V.V., Malyanova L.I. Common mistakes made under facility construction in cramped conditions. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021; 1928(1):012022. DOI: 10.1088/1742-6596/1928/1/012022

11. Lapidus A.A., Demidov L.P. Investigation of the Factors Influencing the Potential Indicator of a Construction Site. *Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]*. 2014; 4:160-166. EDN SATGXN. (rus.).

12. Lapidus A.A., Oleynik P.P. Justification of the process of choosing organizational and technological solutions. *Industrial and Civil Engineering*. 2024; 4:70-74. DOI: 10.33622/0869-7019.2024.04.70-74. EDN IHPPPR. (rus.).
13. Lapidus A.A., Katasonova M. Parameters of the crane selection during the designing of the construction master plans. *Construction Production*. 2019; 1:56-61. DOI: 10.54950/26585340_2019_1_56. EDN CJYXSJ. (rus.).
14. Sohn H.W., Hong W.K., Lee D., Lim C., Wang X., Kim S. Optimum Tower Crane Selection and Supporting Design Management. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2014; 11(8). DOI: 10.5772/58438
15. Zhang Y., Chen K. Digital technologies for enhancing crane safety in construction: a combined quantitative and qualitative analysis. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2023; 29(7):(2023):604-620. DOI: 10.3846/jcem.2023.19574
16. Zhadanovsky B., Bazanov V. Organizational and technological solutions for performing works using specialty equipment. *E3S Web of Conferences*. 2019; 97:06002. DOI: 10.1051/e3sconf/20199706002
17. Petrosyan R.S. Formation of an organisational and technological mechanism to improve the manufacturability of works in total building renovation. *Construction: Science and Education*. 2023; 13(1):84-97. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.1.6. EDN UQDSGZ. (rus.).
18. Gusakova N., Gusakov A., Prokhorova Yu., Karakozova I. Development of organizational and economic mechanism of intensification of low-rise housing construction in remote areas with special climatic conditions. *E3S Web of Conferences*. 2022; 363:02035. DOI: 10.1051/e3sconf/202236302035
19. Motyčka V., Gašparík J., Přibyl O., Štěrbá M., Hořínková D., Kantová R. Effective use of tower cranes over time in the selected construction process. *Buildings*. 2022; 12(4):436. DOI: 10.3390/buildings12040436
20. Oleynik P.P. Concept of increasing the level of projects of work production. *Industrial and Civil Engineering*. 2020; 2:59-63. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.02.59-63. EDN VGKUQF. (rus.).

Received September 5, 2024.

Adopted in revised form on October 23, 2024.

Approved for publication on October 27, 2024.

B I O N O T E S : **Oleg V. Ashihmin** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Construction Production; **Industrial University of Tyumen (IUT)**; 38 Volodarskogo st., Tyumen, 625000, Russian Federation; ID RSCI: 747173, Scopus: 57192667381; ashihminov@tyuiu.ru;

Alena P. Shestakova — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction Production; **Industrial University of Tyumen (IUT)**; 38 Volodarskogo st., Tyumen, 625000, Russian Federation; ID RSCI: 756676, Scopus: 57205079167, ResearcherID: HKV-4731-2023, ORCID: 0000-0003-1572-7280; shestakovaap@tyuiu.ru.

Contribution of the authors:

Oleg V. Ashihmin — conceptualization, methodology, final conclusions.

Alena P. Shestakova — writing of the article, revision of the article, supervision.

The authors declare that they have no conflicts of interest.