

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕТЕВОЙ
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ**



СИБАДИ®



№4 (32) 2022

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
(СибАДИ)»

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Журнал учрежден ФГБОУ ВО «СибАДИ» в 2014 г.
Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

Эл. № ФС77- 70353 от 13 июля 2017 г.

Периодичность 4 номера в год.

Предназначен для информирования научной общественности
о новых научных результатах, инновационных разработках
профессорско-преподавательского состава, докторантов,
аспирантов и студентов, а также ученых других вузов.

Выпуск 4 (32)

декабрь 2022 г.

Дата опубликования: 27.12.2022.

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2022

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»
Техника и технологии строительства

<http://ttc.sibadi.org/>

Научно-практический сетевой электронный журнал. Издается с 2015 г., Выходит 4 раз в год

№ 4 (32)
дата выхода в свет 27.12.2022

Главный редактор Жигадло А.П., д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., ректор ФГБОУ ВО «СибАДИ».
Зам. главного редактора Корчагин П.А., д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Editor-in-Chief – Zhigadlo A.P., doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor, rector, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

Deputy editor-in-chief – Korchagin P.A., doctor of technical sciences, professor, pro-rector for scientific research of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

Редакционная коллегия:

Глотов Б.Н., д-р техн. наук, профессор Карагандинского государственного технического университета, Республика Казахстан, г. Караганда.

Ефименко В.Н., доктор технических наук, декан факультета «Дорожное строительство», зав. кафедрой «Автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск.

Жусупбеков А.Ж., Вице – Президент ISSMGE по Азии, Президент Казахстанской геотехнической ассоциации, почетный строитель Республики Казахстан, директор геотехнического института, заведующий кафедрой «Строительства» ЕНУ им Л.Н. Гумилева, член-корреспондент Национальной Инженерной Академии Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор, г. Астана, Казахстан.

Исаков А.Л., доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)», г. Новосибирск.

Карпов В.В., д-р экон. наук, проф., Председатель ОНЦ СО РАН, г. Омск.

Лис Виктор, канд. техн. наук, инженер - конструктор специальных кранов фирмы Либхерр - верк Биберах ГмБХ (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittlbiberach, Германия.

Матвеев С.А., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

Миллер А.Е. д-р экон. наук, профессор ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, г. Омск.

Мочалин С.М., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

Насковец М.Т., канд., техн., наук, УО «Белорусский государственный технологический университет», Республика Беларусь, г. Минск.

Псэриэнос Бэзил, доктора инженерных наук, профессор Национального технического университета, г. Афины, Греция.

Щербаков В.С., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Members of the editorial board:

Glotov B.N., doctor of technical sciences, professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan.

Efimenko V. N., doctor of technical sciences, dean of faculty «Road construction», department chair «Highways», Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk.

Zhusupbekov A.Z., Vice - President of ISSMGE in Asia, President of Kazakhstan Geotechnical Association, honorary builder of the Republic of Kazakhstan, director of the Geotechnical Institute, head of the department "Construction" of L.N. Gumilyov Eurasian National University, corresponding member of the National Academy of Engineering of the Republic of Kazakhstan, doctor of technical sciences, professor, Astana, Kazakhstan.

Isakov A.L., doctor of technical sciences, professor, Siberian State University of Means of Communication (SSUMC), Novosibirsk.

Karpov V.V., doctor of Economics, professor, the chairman of the Omsk scientific center of The Russian Academy of Sciences' Siberian branch.

Lis Victor, candidate of technical sciences, design-engineer of special cranes of Liebherr - Werk Biberach GmbH (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittlbiberach, Germany.

Matveev S.A., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

Miller A.E., doctor of economic sciences, professor OMGU of F.M. Dostoyevsky, Omsk.

Mochalin S.M., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

Naskovets M.T., candidate of the technical science, YO «Belarusian State Technological University», Minsk, Belarus.

Psarianos Basil, Dr-Ing., professor Natl Technical University, Athens, Greece.

Shcherbakov V.S., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

Учредитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Адрес учредителя: 644080, г. Омск, пр. Мира, 5.

Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС77-70353 от 13 июля 2017 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). С 2015 года представлен в Научной Электронной Библиотеке eLIBRARY.RU и включен в **Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)**.

Редакционная коллегия осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат.

Редактор Куприна Т.В.

Адрес редакции журнала 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

Тел. (3812) 65-88-30. e-mail: ttc.sibadi@yandex.ru

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Ю. О. Корниенко

Влияние содержания технических средств организации дорожного движения на безопасность транспортной системы

В. М. Морозов, С. А. Аземша

Анализ результатов опроса пользователей различных видов общественного транспорта

РАЗДЕЛ II СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Д. А. Воробей, А. А. Майснер, Д. С. Семкин

Концепция и выбор основных параметров роботизированного комплекса для строительства сооружений из штучных блоков

РАЗДЕЛ III ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Д. А. Данилов

Выбор варианта производства работ на строительных объектах

А. Б. Ивкина, Е. В. Мордовская

Совершенствование технологии отделочных работ с применением сухих строительных смесей

А. Г. Майоров, Ш. А. Нурмагомедов

Модифицирующие добавки для бетона: виды, применение

Е. В. Мордовская, А. Б. Ивкина

Совершенствование технологии штукатурных работ в результате использования сухих строительных смесей

Ш. А. Нурмагомедов, А. Г. Майоров

Разработка модели производства строительно-монтажных работ

Н. С. Шаховал, Т. С. Лавневич

Решение вопросов организации и планирования производства пустотных плит по технологии безопалубочного формования



ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Ю. О. Корниенко

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет «СибАДИ»
г. Омск, Россия*

Аннотация. Одним из важных аспектов дорожного хозяйства является содержание дорог, в особенности установленных на нем технических средств организации дорожного движения (ТСОДД).

Как и любой процесс содержание автомобильных дорог, в том числе и технических средств организации дорожного движения, имеет свои особенности и недостатки, которые обязательно нужно учитывать. Но в то же время в данном процессе есть и нормативно-правовые «пробелы», лишаящие возможности лиц, осуществляющих дорожную деятельность, выполнять свою работу корректно, оперативно и единообразно. Так, одной из проблем является отсутствие методики определения необходимого количества подвижного состава для содержания ТСОДД на территории дорог местного значения.

В данной статье рассмотрены правовое обеспечение процесса содержания ТСОДД и его особенности, нормативные документы по определению подвижного состава и возможности ее применения для содержания дорог местного значения, а также важность и влияние самого процесса содержания на безопасность дорожного движения.

Ключевые слова: технические средства организации дорожного движения, содержание автомобильных дорог, содержание дорог местного значения, подвижной состав дорожной техники, безопасность дорожного движения, автомобильные дороги.

TRAFFIC ENGINEERING MAINTENANCE IMPACT ON TRANSPORT SYSTEM SAFETY

Yulia O. Kornienko

*Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)
Omsk, Russia*

Abstract. One important aspect of road industry is the maintenance of roads, especially the technical traffic management equipment (TDME) installed on them.

As with any process, road maintenance, including technical road management equipment, has its own peculiarities and disadvantages that must be taken into account. But at the same time there are also regulatory 'gaps' in the process that prevent road users from carrying out their work correctly, promptly and uniformly. For example, one of the problems is the lack of a methodology for determining the required number of rolling stock to maintain the TDME on local roads.

This article examines the legal framework of the TDME maintenance process and its special features, the regulations governing the definition of rolling stock and its applicability to local road maintenance, and the importance and impact of the maintenance process itself on road safety.

Keywords: technical means of road traffic management, maintenance of roads, maintenance of local roads, rolling stock of road equipment, road safety, highways.

Введение

Одним из важных аспектов дорожного хозяйства является содержание дорог, в особенности установленных на нем технических средств организации дорожного движения (ТСОДД). Необходимо понимать, что каждый вид ТСОДД имеет свои особенности, и при содержании эти нюансы необходимо обязательно учитывать.

Любые проектные решения, даже с применением самых инновационных технических средств, после ввода в эксплуатацию будут нуждаться в их дальнейшем содержании. От качества содержания во многом зависит их дальнейшая эксплуатация, показатели эффективности и безопасность дорожного движения, включая всех его участников.

Таким образом, содержание ТСОДД на дорогах является одним из важных, неотъемлемых и долгих процессов, требующих тщательного описания, в том числе и нормативно-правового, что в свою очередь подтверждает актуальность данной темы.

Основная часть

С точки зрения действующего законодательства содержание автомобильной дороги – это комплекс работ по поддержанию надлежащего технического состояния автомобильной дороги, оценке ее технического состояния, а также мероприятия по организации и обеспечению безопасности дорожного движения. Обязанность по обеспечению соответствия состояния дорог при их содержании в соответствии с установленными техническими регламентами и другими нормативными документами возлагается на лиц, осуществляющих содержание автомобильных дорог [1], [2].

В рамках обязательного к применению ГОСТ Р 50597–2017 «Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля» виды дефектов и сроки их устранения в процессе содержания для ТСОДД зависят от категории дороги и группы улицы. В данном документе указаны такие дефекты, как утрата дорожного знака, нарушение целостности лицевой поверхности дорожного знака, износ и разрушение дорожной разметки, неработающий сигнал(сигналы) светофора, сбой в работе светофорного объекта, нарушение целостности конструкции металлических ограждений, утрата сигнального столбика или тумбы, утрата световозвращателя и т.д. В зависимости от вида срок устранения дефекта технических средств организации дорожного движения варьируется от 1 до 30 сут. [3].

В населенных пунктах, особенно крупных, дороги могут быть разных категорий и, соответственно, количество применяемых технических средств организации дорожного движения будет тоже разным.

Но важно иметь в виду, что любое ТСОДД имеет свои особенности при производстве и содержании. В связи с большим разнообразием каждого отдельного технического средства организации дорожного движения, каждый этот подвид имеет свои отличительные особенности, что осложняет их содержание [4]. Так, для отдельной группы ТСОДД требуется один перечень специализированной техники и инструментов, а для другой группы – другой перечень и т.д.

Дополнительные трудности в содержание добавляет и невозможность обладания точной информацией о том, в каком конкретном месте, в какой момент времени возникнет необходимость устранения дефекта ТСОДД и каким будет его вид. Из-за этого лица, осуществляющие работы по содержанию, не могут знать достоверно, когда и где будут производиться работы по содержанию и при помощи какой техники и оборудования.

Таким образом, для того чтобы выполнять в полном объеме требования ГОСТ Р 50597–2017 лица, осуществляющие содержание дорог, должны иметь необходимое количество всего специализированного подвижного состава, оборудования и специалистов, предпринимать все необходимые действия для устранения недостатка в самый короткий срок вне зависимости от погодных условий и помех, создаваемых участниками дорожного движения. Одним словом, должна быть полная готовность устранить абсолютно любой дефект ТСОДД в любом месте. Но как определить это необходимое число техники?

Действующие отраслевые стандарты предусматривают расчет потребности специализированного транспорта только для территориальных и федеральных дорог. Так, например, ОДН 218.014–99 «Нормативы потребности в дорожной технике для содержания автомобильных дорог» разработан для целенаправленного и рационального использования

средства федерального и территориальных дорожных фондов на приобретение соответствующих отечественных и зарубежных машин и оборудования и не предполагает замену и/или содержание технических средств организации дорожного движения в зимний период [5].

В свою очередь дороги местного значения имеют ряд отличий от дорог территориального и федерального значения. Так, на местных дорогах количество ТСОДД в несколько раз превышает их количество на дорогах территориального или федерального уровня. Это усложняет саму организацию дорожного движения и последующее содержание примененных технических средств.

Таким образом, использование методических рекомендаций для расчета потребности в специализированном транспорте для дорог территориального и федерального уровней невозможно для дорог местного значения.

В рамках ОДМ 218.2.018–2012 «Методические рекомендации по определению необходимого парка дорожно-эксплуатационной техники для выполнения работ по содержанию автомобильных дорог при разработке проектов содержания автомобильных дорог» возможно использование в случае необходимости и организациями (предприятиями) при содержании региональных, муниципальных, межмуниципальных и частных автомобильных дорог. Но в данном документе не указаны практические особенности производства работ, в связи с чем применение данного документа также невозможно [6].

В общем и целом для осуществления поставленной проблемы необходимо располагать:

1. накопительной статистической информацией о произведенных работах по содержанию с перечнем адресных привязок, времени выполнения данных работ, виде работ, используемых инструментах, специализированной техники за все имеющиеся периоды времени;
2. аналитической информацией о требуемом объеме с адресной привязкой за аналогичный период с разбивкой по имеющимся в предыдущем пункте показателям.

При наличии вышеуказанной информации возможен ее анализ по таким показателям, как фактический и необходимый процент выполнения всех работ по видам ТСОДД и производимых работ, а также возможно определение соотношения производимых работ (какой вид работ больше всего требуется, и, как следствие, сколько какого оборудования) и самых «популярных» адресов. Как показывает практика, чем чаще производятся работы на каком-то конкретном адресе, тем более детальной должна быть оценка этих работ, так как в данном месте могут быть выявлены какие-либо ошибки, допущенные на любом из предыдущих этапов (принятие решений, проектирование, реализация, содержание и т.д.).

Далее, при наличии необходимой документации на конкретный перечень обслуживаемых дорог и с учетом имеющихся аналитических данных, нужно произвести расчет нужного количества подвижного состава, штата и оборудования для корректного процесса содержания.

Для произведения данных подсчетов необходимо располагать соответствующей документацией, которой, как было ранее выявлено, пока не разработано. На сегодняшний момент лица, которые осуществляют содержание дорог, не могут определить требуемое количество подвижного состава, людей и оборудования, и по этой причине не имеют возможности точно знать и планировать свою деятельность, что, конечно, существенно влияет на качество содержания.

Пока что со стороны контрольно-надзорной деятельности есть строгие рамки действующего законодательства, в которые крайне необходимо «вписываться», а со стороны лиц, осуществляющих содержание дорог, – непонимание нужного количества ресурсов для реализации этого процесса.

Практическим методом, во-первых, определить необходимое количество, как правило, невозможно ввиду ограниченности материальных и человеческих ресурсов, во-вторых, этот процесс будет достаточно продолжительным, а, в-третьих, данные значения будут применительны только по отношению к конкретной рассматриваемой местности, а конечный результат должен быть универсален и применим любыми организациями, осуществляющими содержание дорог местного значения, к любым категориям дорог.

Таким образом, для оперативного и правильного содержания на дорогах местного значения, в особенности населенных пунктов с большим количеством жителей, крайне необходим научный подход с разработкой нормативной документации, приближенной к практической работе, с учетом всех особенностей содержания ТСОДД и существующих отраслевых стандартов, во многом определяющих действия специалистов, работающих «на земле». При этом особую

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

значимость следует выделить именно расчету потребностей подвижного состава и соответствующего персонала для них при содержании именно на дорогах местного значения.

Заключение

В заключение хочется отметить, что содержание автомобильной дороги – это самый долгий процесс непрерывного характера, и именно этому процессу необходимо уделять особое внимание, так как содержание напрямую влияет на обеспечение безопасности дорожного движения. Так, при отсутствии необходимого технического средства организации дорожного движения в том месте, где он должен быть в рамках проектной документации, будь то, например, дорожный знак или дорожная разметка, риск возникновения дорожно-транспортного происшествия в данном месте возрастает. Грамотное содержание ТСОДД оказывает значительное влияние в целом на дорожную обстановку и позволяет избежать расходования дополнительных денежных средств в связи с их компенсацией участникам ДТП, в которых установлена вина лиц, осуществляющих содержание участка, и в связи с поступающей документацией от контрольно-надзорных органов.

Библиографический список

1. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон № 196-ФЗ от 10 дек. 1995 г.: принят Государственной Думой 15 нояб. 1995 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. 1995. № 50. Ст. 4873.
2. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон № 257-ФЗ от 08 ноя. 2007 г.: принят Государственной Думой 18 окт. 2007 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. 2007. № 46. Ст. 5553.
3. ГОСТ Р 50597-2007. Национальный стандарт Российской Федерации. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля. Введ. 2018-06-01. М.: Стандарт информ, 2017.
4. ГОСТ Р 52289-2019. Национальный стандарт Российской Федерации Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. Введ. 2020-04-01. М.: Стандарт информ, 2020.
5. ОДН 218.014–99. Нормативы потребности в дорожной технике для содержания автомобильных дорог. Введ. 12.08.1999. М., ФДС РФ, 1999.
6. ОДМ 218.2.018–2012. Методические рекомендации по определению необходимого парка дорожно-эксплуатационной техники для выполнения работ по содержанию автомобильных дорог при разработке проектов содержания автомобильных дорог. Введ. 25.04.2012. М., 2012.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Корниенко Юлия Олеговна – магистрант, e-mail: juliano.kornienko@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yulia O. Kornienko – Master's student: juliano.kornienko@mail.ru.



АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРОСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

В. М. Морозов, С. А. Аземша

Белорусский государственный университет транспорта
г. Гомель, Беларусь

Аннотация. Транспорт в городах оказывает огромное влияние на экологию, качество жизни людей, их здоровье, безопасность дорожного движения и т.д., чему посвящено достаточно большое количество научных публикаций. Очевидно, что меры, направленные на поддержание качества услуг, оказываемых общественным пассажирским транспортом, крайне актуальны. Одним из способов разработки таких мер может быть анкетирование пользователей транспортных услуг.

В данной статье приводятся результаты опроса пассажиров второго по величине города Беларуси, характеризующие их отношение к трем видам общественного пассажирского транспорта: автобусам, троллейбусам, маршрутным такси. По результатам их статистической обработки производятся соответствующие выводы.

Ключевые слова: пассажир, автобус, троллейбус, маршрутное такси, опрос, анализ.

SURVEY RESULTS ANALYSIS FOR USERS OF VARIOUS PUBLIC TRANSPORT TYPES

Vitaliy M. Morozov, Sergei A. Azemsha

Belarusian State University of Transport
Belarus, Gomel

Abstract. Transport in cities has a huge impact on the environment, the quality of people's life, their health, road safety, etc., which is the subject of a fairly large number of scientific publications. Obviously, measures aimed at maintaining the quality of services provided by public passenger transport are extremely relevant. One way to develop such measures could be through a survey for users of transport services.

This article presents the results of a survey of passengers of the second largest city in Belarus, characterizing their attitude to three types of public passenger transport: buses, trolleybuses, fixed-route taxis. Based on the results of their statistical processing, appropriate conclusions are drawn.

Keywords: passenger, bus, trolleybus, fixed-route taxi, survey, analysis.

Введение

Транспорт в городах оказывает огромное влияние на экологию, качество жизни людей, их здоровье, безопасность дорожного движения и т.д., чему посвящено достаточно большое количество научных публикаций. Ниже приведен краткий анализ некоторых из них.

Важность общественного транспорта в борьбе с загрязнением воздуха была оценена во время забастовок его работников в Барселоне, которые увеличили на 4,1–7,7% выбросы NOx [1] и на 14% концентрацию PM10 в Германии, что в свою очередь привело к увеличению количества госпитализаций на 11% по респираторным заболеваниям и 13% по патологиям дыхания, особенно у маленьких детей [2]. Исследование [3] показало, что открытие новой линии метро в

Тайбэе понизило концентрацию содержания оксида углерода (CO) на 5–15%. Сравнительный анализ в Хьюстоне (Техас, США) показал, что после открытия легкорельсового транспорта (LRT) суточная смертность от инсульта снизилась на 30% в пределах 10 миль от LRT [4]. В Мехико через два года после внедрения системы скоростного автобуса (BRT) снизилась концентрация в воздухе CO на 5,5–7,2%, NOx на 4,7–6,5% и PM10 на 7,3–9,2% [5]. Аналогично внедрение BRT в Боготе показало снижение в воздухе содержания диоксида серы (SO₂) на 43%, NOx на 18% и твердых частиц на 12% [6].

В работе [7] отмечается, что риск получить ранение в ДТП при пользовании общественным транспортом намного ниже, чем при пользовании индивидуальных механических транспортных средств, особенно двух- и трехколесных автомобилей. Сравнение данных на макроуровне в США показало, что в городах с большим количеством поездок на общественном транспорте уровень смертности в ДТП на душу населения на одну пятую ниже, чем в городах, зависящих от автомобилей. Также в таких городах пользование общественным транспортом на 1 милю проезда в общественном транспорте в 10 раз безопаснее, чем передвижение на такое же расстояние на автомобиле [8]. Исследования систем скоростного автобуса (BRT) TransMilenio в Боготе и Macrobus в Гвадалахаре показали, что эти услуги привели к значительному повышению безопасности дорожного движения за счет снижения на 25–60% количества раненых и 38–100% количества погибших в ДТП [9]. Введение ночных автобусов в Израиле сократило на 24% количество раненых в ДТП среди молодых граждан [10].

Много научных публикаций оценивают вклад общественного транспорта в повышение физической активности горожан. В работе [11] отмечено, что ВОЗ рекомендует для здоровья взрослого человека 150 мин физической активности средней интенсивности в неделю. В работе [12] отмечено, что замена личного автомобиля общественным транспортом добавляет физической активности за счет появления необходимости пешеходных передвижений до (от и между) остановочными пунктами. В исследовании [13] установлено, что при поездке на общественном транспорте граждане совершали на 1211 шагов больше, что эквивалентно дополнительным 10,2 мин умеренной физической активности, чем при использовании автомобилей. Также при этом на 60,8 ккал энергии расходовалось больше. При этом по времени поездки на общественном транспорте занимали всего на 11,7 мин дольше, чем поездки на личном моторизованном транспортном средстве. В работе [14] установлено, что пассажиры, регулярно пользующиеся общественным транспортом, более чем в 3 раза чаще достигали рекомендованной нормы физической активности. В работе [15] эта цифра равна 2,23 раза. Также авторами установлено, что при спонсировании покупки проездного документа работодателем достижение рекомендаций по суточной физической активности возрастали более чем в пять раз. Авторы работы [16] установили, что у пассажиров общественного транспорта нормы суточной физической активности достигаются в 2,78 раз чаще, чем у пользователей личных автомобилей. В работе [17] оценено влияние общественного транспорта на пожилых граждан. Авторы установили, что у пожилых людей, которые чаще пользуются общественным транспортом, суточная физическая активность больше, чем у тех, кто пользуется личным автомобилем. Также у пользователей общественного транспорта реже наблюдалось ожирение. Аналогично и в работе [18] установлено, что мужчины, регулярно пользовавшиеся для трудовых передвижений общественным транспортом, на 35% реже страдали ожирением и избыточным весом. А в работе [19] эта цифра равна 28%. В работе [20] показано, что пользователи общественного транспорта имеют на 1,6–14 мин в день больше физической активности и более низкий индекс массы тела (26 против 27), чем пользователи индивидуальных автомобилей.

При таком влиянии общественного транспорта на жизнь горожан становится очевидно, что меры, направленные на поддержание и развитие качества его услуг, крайне актуальны. Одним из способов разработки таких мер может быть анкетирование пользователей транспортных услуг.

Основная часть

Как известно, анкетирование пассажиров общественного транспорта является мощным инструментом выявления путей его развития. Для реализации потенциала этой формы взаимодействия с пользователями услуг общественного пассажирского транспорта в г. Гомеле (Беларусь) была разработана структура транспортной анкеты [21]. Опрос был реализован при

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

помощи инструмента GoogleForm. В части оценки качества услуг, предоставляемых пользователям общественного транспорта, респондентам были заданы следующие вопросы:

1. Каким видом общественного транспорта Вы чаще всего пользуетесь? Респондентам было предложено три варианта ответа на данный вопрос:

- автобус;
- троллейбус;
- маршрутка.

2. Серия вопросов относительно оценки у автобусов, троллейбусов и маршруток:

- внешнего вида;
- чистоты снаружи;
- чистоты салона;
- профессионализма водителей и кондукторов;
- вежливости водителей и кондукторов;
- безопасности вождения водителями;
- частоты движения;
- скорости поездки;
- доступности остановочных пунктов;
- комфорта при поездке;
- наполняемости салона.

Для ответов на эти вопросы предлагалась бальная шкала от -3 (очень плохо) до +3 (очень хорошо). Также предлагался вариант ответа «Затрудняюсь ответить».

На рисунке 1 приведена гистограмма распределения ответов на вопрос «Каким видом общественного транспорта Вы чаще всего пользуетесь?». Всего в опросе приняло участие 2228 респондентов. Из рисунка 1 видно, что наибольшее число респондентов (61%) предпочитают использовать автобус. Троллейбусом пользуется 29% опрошенных и маршрутными такси – 10 %.

На рисунке 2 приведена гистограмма распределения ответов на вопрос относительно внешнего вида пассажирских транспортных средств. Ответили на данный вопрос порядка 2200 респондентов. Из рисунка 2 видно, что для всех типов транспортных средств наиболее часто (порядка 30%) респонденты оценили внешний вид на «2». В то же время средние в оценках показывают, что наиболее привлекательно выглядят автобусы (среднее 0,7158), на втором месте маршрутки (среднее 0,6516) и наименее привлекательны по внешнему виду троллейбусы (среднее 0,4959).

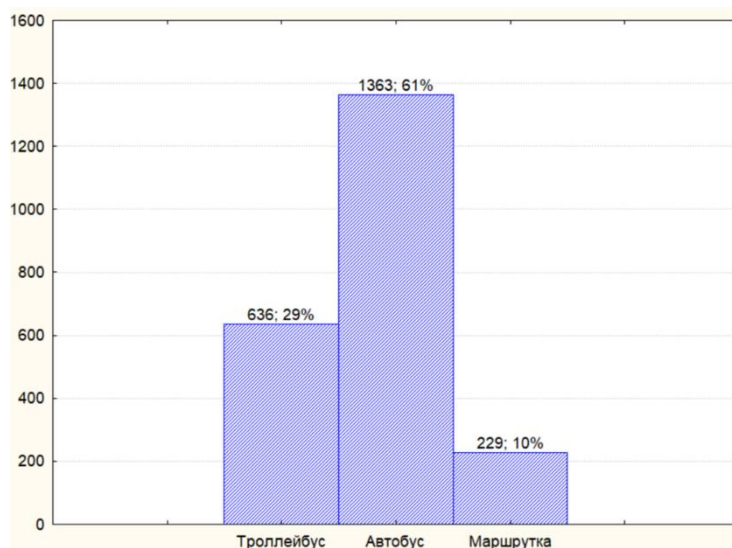


Рисунок 1 – Распределение пользователей общественного транспорта регулярного сообщения

Figure 1 – Distribution of regular public transport users

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

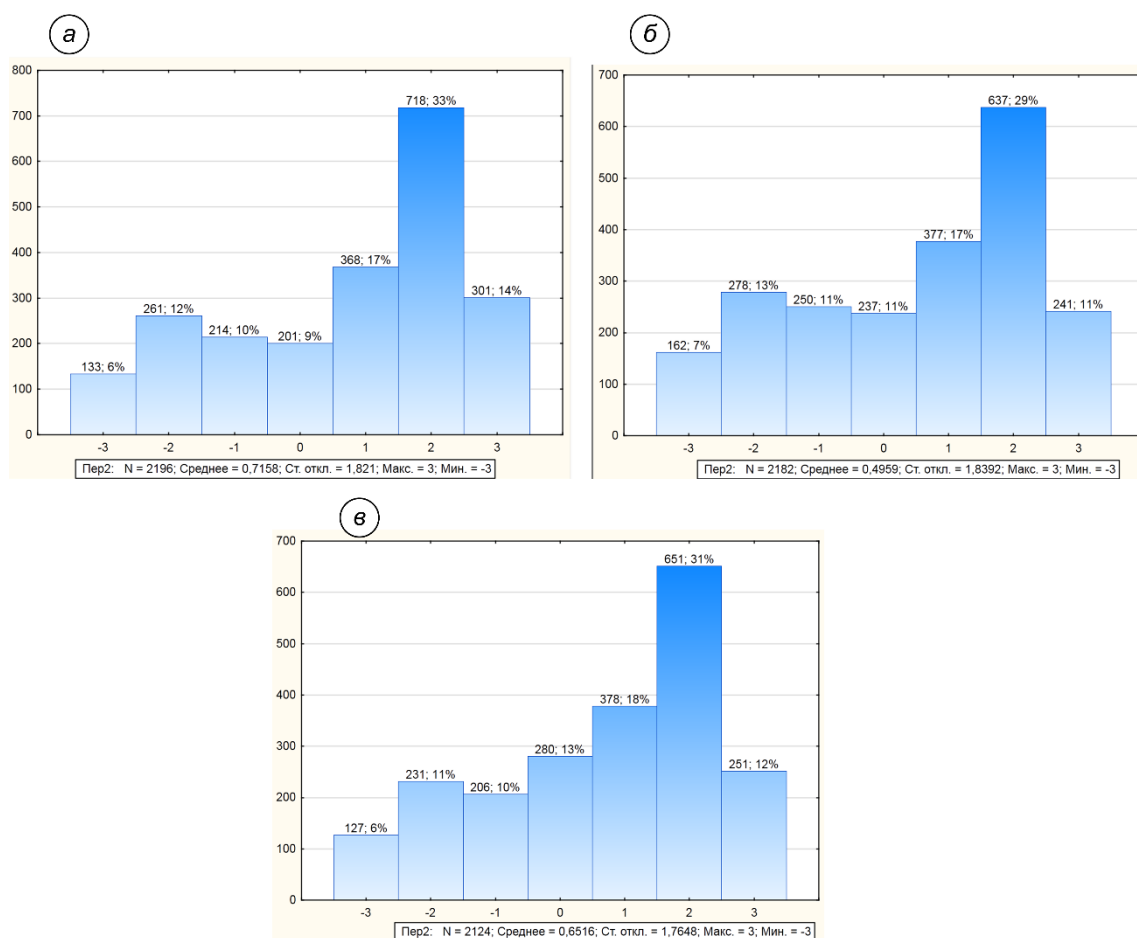


Рисунок 2 – Распределение ответов по внешнему виду пассажирских транспортных средств:
а – автобус; б – троллейбус; в – маршрутка

Figure 2 – Distribution of responses by the appearance of passenger vehicles:
a – bus; b - trolleybus; c - minibus

Значимость различий в средних оценках внешнего вида транспортных средств оценена:
- Ранговым ДА Фридмана – при р-уровне меньше 0,05 различия в соответствующей оценке по видам транспорта значимы («да» в столбцах 4–7);

- конкордацией Кендалла – при значениях коэффициента конкордации меньше 0,4 мнения респондентов по данному вопросу не согласованы («нет» в столбце 8).

Результаты такого расчета для всех остальных вопросов, заданных респондентам, сведены в таблице.

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица
Сводные результаты опроса респондентов
по оценке работы различных видов общественного транспорта

Table
Summary results for the survey of respondents on the assessment
of the work for various types of public transport

№ п/п	Вопрос	Среднее			Значимость различий по видам транспорта				Согласованность оценок респондентов
		автобус	троллейбус	маршрутка	автобус троллейбус	автобус маршрутка	троллейбус маршрутка	автобус троллейбус маршрутка	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Внешний вид	0,7158	0,4959	0,6516	да	нет	да	да	нет
2	Безопасность вождения	1,1991	1,507	0,1744	нет	да	да	да	нет
3	Вежливость водителей	0,8605	0,914	0,751	нет	нет	да	да	нет
4	Доступность остановочных пунктов	1,2322	1,1943	1,2092	нет	нет	нет	нет	нет
5	Комфорт при поездке	0,4506	0,3618	0,8331	нет	да	да	да	нет
6	Наполняемость салона	0,1695	0,2794	0,4395	нет	да	да	да	нет
7	Скорость поездки	0,5764	0,5244	1,2869	нет	да	да	да	нет
8	Частота движения	0,129	0,2675	0,7745	нет	да	да	да	нет
9	Чистота салона	0,6724	0,5455	0,7851	нет	нет	да	да	нет
10	Чистота кузова	0,7907	0,725	0,8087	нет	нет	нет	нет	нет
11	Профессионализм водителей	1,024	1,0201	0,6948	нет	да	да	да	нет
	Итого	7,8202	7,8349	8,4088	нет	да	да	да	нет

Из таблицы видно:

1. Итоговые оценки по всем вопросам для всех видов транспорта положительные (1–3 столбцы больше нуля).

2. Отсутствует значимость различий в ответах на все вопросы (кроме внешнего вида) для пары автобус-троллейбус (столбец 4 «нет»). Это свидетельствует о том, что в общем респонденты одинаково оценивают автобус и троллейбус.

3. По суммарной оценке наиболее привлекательным видом транспорта является маршрутка (строка «итого»). В то же время этот вид транспорта является наихудшим по вопросам безопасности движения, вежливости и профессионализма водителей (строки 2, 3, 11 столбца 3).

4. Имеются значимые различия по всем заданным вопросам между тремя видами транспорта, кроме вопросов доступности остановочных пунктов и чистоты кузова (столбец 7).

5. Оценки респондентов не согласованы как в общем по всем вопросам, так и по каждому вопросу в отдельности.

Заключение

В данной статье приведена часть результатов транспортного опроса жителей г. Гомеля (Беларусь) в части оценки ими качества услуг видов общественного городского пассажирского транспорта. Опрос был реализован при помощи инструмента GoogleForm и содержал два тематических вопроса:

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

1. Каким видом общественного транспорта Вы чаще всего пользуетесь? Респондентам было предложено три варианта ответа на данный вопрос:

- автобус;
- троллейбус;
- маршрутка.

2. Серия вопросов относительно оценки у автобусов, троллейбусов и маршруток:

- внешнего вида;
- чистоты снаружи;
- чистоты салона;
- профессионализма водителей и кондукторов;
- вежливости водителей и кондукторов;
- безопасности вождения водителями;
- частоты движения;
- скорости поездки;
- доступности остановочных пунктов;
- комфорта при поездке;
- наполняемости салона.

Для ответов на эти вопросы предлагалась бальная шкала от -3 (очень плохо) до +3 (очень хорошо). Также предлагался вариант ответа «Затрудняюсь ответить».

В опросе приняло участие 2228 респондентов. Сумма средних значений ответов по каждому вопросу наибольшая для маршрутных такси, что говорит о наивысшей суммарной оценке пользователями этого вида транспорта. Наихудшая оценка отмечена для вопроса относительно частоты движения для автобусов, а наилучшая – 1,507 для вопроса относительно безопасности вождения для троллейбусов.

Значимость различий в средних оценках по каждому заданному вопросу оценена:

- Ранговым ДА Фридмана – при p -уровне меньше 0,05 различия в соответствующей оценке по видам транспорта значимы («да» в столбцах 4 – 7);
- конкордацией Кендалла – при значениях коэффициента конкордации меньше 0,4 мнения респондентов по данному вопросу не согласованы («нет» в столбце 8).

По результатам такого анализа можно сделать следующие выводы:

1. Итоговые оценки по всем вопросам для всех видов транспорта положительные (1–3 столбцы больше нуля).

2. Отсутствует значимость различий в ответах на все вопросы (кроме внешнего вида) для пары автобус-троллейбус (столбец 4 «нет»). Это свидетельствует о том, что в общем респонденты одинаково оценивают автобус и троллейбус.

3. По суммарной оценке наиболее привлекательным видом транспорта является маршрутка (строка «итого»). В то же время этот вид транспорта является наихудшим по вопросам безопасности движения, вежливости и профессионализма водителей (строки 2, 3, 11 столбца 3).

4. Имеются значимые различия по всем заданным вопросам между тремя видами транспорта, кроме вопросов доступности остановочных пунктов и чистоты кузова (столбец 7).

5. Оценки респондентов не согласованы как в общем по всем вопросам, так и по каждому вопросу в отдельности.

Библиографический список

1. Basagaña, X., Triguero-Mas, M., Agis, D., Pérez, N., Reche, C., Alastuey, A., et al., 2018. Effect of public transport strikes on air pollution levels in Barcelona (Spain). *Sci. Total Environ.* 610–611, 1076–1082. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.263>.

2. Bauernschuster, S., Hener, T., Rainer, H., 2017. When labor disputes bring cities to a standstill: the impact of public transit strikes on traffic, accidents, air pollution, and health. *Am. Econ. J. Econ. Policy* 9, 1–37. Available from: <https://doi.org/10.1257/pol.20150414>.

3. Chen, Y., Whalley, A., 2012. Green infrastructure: the effects of urban rail transit on air quality. *Am. Econ. J. Econ. Policy* 4, 58–97. Available from: <https://doi.org/10.1257/pol.4.1.58>.

4. Park, E.S., Sener, I.N., 2017. Impact of light rail transit on traffic-related pollution and stroke mortality. *Int. J. Public Health* 62, 721–728. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00038-017-0967-4>.

5. Bel, G., Holst, M., 2018. Evaluation of the impact of bus rapid transit on air pollution in Mexico City. *Transp. Policy* 63, 209–220. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.01.001>.

6. Turner, M., Kooshian, C., Winkelman, S., 2012. Colombia's Bus Rapid Transit (BRT) Development and Expansion: A Case Study of Barriers and Critical Enablers of Colombia's BRT Systems.

7. WHO, 2018. Global Status Report on Road Safety 2018. Geneva. <https://doi.org/1037//0033-2909.126.1.78>.
8. APTA, 2016. The Hidden Traffic Safety Solution: Public Transportation.
9. Carrigan, A., King, R., Velasquez, J.M., Raifman, M., Duduta, N., 2013. Social, Environmental and Economic Impacts of BRT Systems: Bus Rapid Transit Case Studies From Around the World. EMBARQ, World Resour. Inst.
10. Lichtman-Sadot, S., 2019. Can public transportation reduce accidents? Evidence from the introduction of late-night buses in Israeli cities. Reg. Sci. Urban. Econ. 74, 99–117. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2018.11.009>.
11. WHO, 2010. Global Recommendations on Physical Activity for Health. Geneva.
12. Besser, L.M., Dannenberg, A.L., 2005. Walking to public transit. Am. J. Prev. Med. 29, 273–280. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ampre.2005.06.010>.
13. Chaix, B., Kestens, Y., Duncan, S., Merrien, C., Thierry, B., Pannier, B., et al., 2014. Active transportation and public transportation use to achieve physical activity recommendations? A combined GPS, accelerometer, and mobility survey study. Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act. 11, 1–11. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12966-014-0124-x>.
14. Lachapelle, U., Frank, L., Saelens, B.E., Sallis, J.F., Conway, T.L., 2011. Commuting by public transit and physical activity: where you live, where you work, and how you get there. J. Phys. Act. Health 8 (Suppl 1). Available from: <https://doi.org/10.1123/jpah.8.s1.s72>.
15. Lachapelle, U., Noland, R.B., 2012. Does the commute mode affect the frequency of walking behavior? The public transit link. Transp. Policy 21, 26–36. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.008>.
16. Lachapelle, U., Pinto, D.G., 2016. Longer or more frequent walks: examining the relationship between transit use and active transportation in Canada. J. Transp. Heal. 3, 173–180. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2016.02.005>.
17. Laverty, A.A., Webb, E., Vamos, E.P., Millett, C., 2018. Associations of increases in public transport use with physical activity and adiposity in older adults. Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act. 15, 1–10. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0660-x>.
18. Wen, L.M., Rissel, C., 2008. Inverse associations between cycling to work, public transport, and overweight and obesity: findings from a population based study in Australia. Prev. Med. (Baltim.) 46, 29–32. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2007.08.009>.
19. Lindström, M., 2008. Means of transportation to work and overweight and obesity: a population-based study in southern Sweden. Prev. Med. (Baltim.) 46, 22–28. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2007.07.012>.
20. Saelens, B.E., Moudon, A.V., Kang, B., Hurvitz, P.M., Zhou, C., 2014. Relation between higher physical activity and public transit use. Am. J. Public. Health 104, 854–859. Available from: <https://doi.org/10.2105/AJPH.2013.301696>.
21. Аземша С. А., Морозов В. М. Разработка предложений по анкетированию пассажиров городского пассажирского транспорта регулярного сообщения // Вестник СибАДИ. 2022;19(3):344–357. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-3-344-357>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Морозов Виталий Михайлович – магистрант кафедры «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением», e-mail: vitaliy.m.morozov@icloud.com.

Аземша Сергей Александрович – канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением», e-mail: s-azemsha@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vitaliy M. Morozov – undergraduate student of the Road Transport and Traffic Management Department, e-mail: vitaliy.m.morozov@icloud.com.

Sergei A. Azemsha – cand. of Sci., Associate Professor, Head of the Road Transport and Traffic Management Department, e-mail: s-azemsha@yandex.ru.



КОНЦЕПЦИЯ И ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ ИЗ ШТУЧНЫХ БЛОКОВ

Д. А. Воробей, А. А. Майснер, Д. С. Семкин

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
г. Омск, Россия

Аннотация. В данной статье приводится описание роботизированного комплекса для строительства сооружений из штучных блоков. Вначале выполнен обзор и анализ существующих конструктивных схем роботов строителей. Затем рассматривается принцип работы комплекса и его состав. Далее приведены варианты навигации роботов для самостоятельного передвижения по строительной площадке и взаимодействия между собой. После производится выбор параметров робота-укладчика, его габариты и мощность привода.

Ключевые слова: строительный робот, мобильный робот, дорожно-строительная машина, автоматизация строительства, строительный 3D-принтер.

CONCEPT AND CHOICE FOR BASIC PARAMETERS OF A ROBOTIC SYSTEM IN CONSTRUCTION OF UNIT BLOCK STRUCTURES

Dmitrii A. Vorobey, Anatolii A. Meisner, Dmitrii S. Semkin

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)
Omsk, Russia

Abstract. This article describes a robotic complex for the construction of structures made of unit blocks. First, a review and analysis of the existing structural schemes of construction robots is carried out. Then the principle of operation of the complex and its composition are considered. The following are options for navigating robots for independent movement on the construction site and interaction with each other. After that, the parameters of the stacker robot, its dimensions and drive power are selected.

Keywords: construction robot, mobile robot, road construction machine, construction automation, construction 3D printer.

Введение

В последнее время робототехника не стоит на месте и постоянно прогрессирует, выпуская новые модели автоматизированных комплексов. Беспилотная техника способна выполнять разные виды работ различной сложности с высокой производительностью. При этом роботизированные комплексы могут выполнять работу в сложных климатических условиях, опасных зонах и в другой недоступной для человека среде.

В настоящее время существует несколько видов роботов для строительства сооружений. Среди них можно выделить роботов, выполняющих строительство стен из штучных блоков, соединяющихся между собой клеевым раствором, и роботов 3D-принтеров, послойно добавляющих строительную смесь.

Для навигации строительных роботов на строительной площадке используется машинное зрение с помощью спутниковой навигации с RTK поправками, стереоскопических камер или камер глубины, а также лидаров, радаров и других датчиков.

Основная часть

В настоящее время роботы-строители проходят стадию разработки и активных научных исследований. Над их созданием работают ведущие институты мира. Актуальность разработки подобных комплексов обусловлена тем, что строительные работы требуют от человека физически сложной деятельности, при этом на рынке труда наблюдается нехватка специалистов каменщиков необходимой квалификации [1, 2, 3].

В качестве примера разрабатываемых концепций можно привести следующих роботов: американская разработка – SAM 100, робот австралийской компании – HadrianX, разработка российской компании – ApisCor. Рассмотрим подробнее эти концепции [4, 5].

Полуавтоматический робот-каменщик SAM (рисунок 1, а). Робот содержит конвейер, роботизированный манипулятор, насос, служащий для подачи бетона [6, 7].

Процесс работы SAM100 обеспечивается при помощи оператора, помощника, который загружает кирпичи и раствор в машину, каменщика, устанавливающего в стену арматуру, зачистку раствора и недопущения образования дефектов в кладке.

Перед началом работы предварительно загружают конвейер кирпичами. Робот захватывает рукой-манипулятором кирпич, наносит на него раствор, после чего кладет кирпич на место укладки. Далее рабочий-каменщик убирает излишки раствора.

Преимущества:

- Производительность 3000 блоков за день работы (обычный каменщик в день 350–500 блоков).

- Легкая конструкция (1500 кг) дает возможность располагаться машине на конструкциях, предназначенных для работ на различной высоте и передвигаться по ним.

- В системе управления используется инновационная разработка – программа «фиксации месторасположения» кладки из кирпича, которая привязывает схему расположения стены и кирпичей в ней в цифровом формате к системе GPS. В случае необходимости возможна корректировка программы. Всё это позволяет наглядно продемонстрировать заказчику с помощью компьютерной графики план будущей кирпичной кладки.

- Программа рассчитывает требуемое количество кирпичей для распиливания, а также необходимое время для того, чтобы возвести стену.

- Оптимизированная работа в экстремальных условиях (сильный ветер).

Недостатки:

- Не производит кладку в углах постройки.

- Требуется рабочий персонал, выполняющий вспомогательную функцию.

- Отсутствует автономность, требуется монтировать оборудование вручную на месте строительства.



Рисунок 1 – Роботы-каменщики:
а – робот-каменщик SAM100; б – робот-строитель HadrianX

Figure 1 – Masonry robots
a - SAM100 masonry robot; b - HadrianX robot builder

Автоматический робот-каменщик NadrianX (рисунок 1, б) [8].

Визуально робот напоминает кран на шасси грузовика. В его составляющие входят: система управления, система доставки блоков, система динамической стабилизации. Телескопическая стрела (высота 30 м), смонтированная на автомобильном шасси, – главный элемент робота, с помощью которого выполняется работа. Стабилизирующая технология DST позволяет производить коррекцию положения до 1000 раз в секунду, компенсируя влияние порывов ветра и прочих природных факторов, что позволяет устанавливать NadrianX на практически любые основания. Построение структуры стены выполняется роботом самостоятельно при помощи программного обеспечения FBR на основе имеющихся данных.

Процесс работы напоминает нечто среднее между выкладкой конвейера и работой 3d-принтера. Перед непосредственной работой лотки с блоками загружаются на платформу NadrianX. Далее блоки поступают в модульную часть, где происходит их укладка, соответствующая логике и схеме, запрограммированными в память машины. Размер блока превосходит стандартный кирпич в 12 раз. Это значительно повышает скорость укладки, которая составляет до 1000 кирпичей в час.

Преимущества:

- Система технического зрения с лазерными дальномерами.
- Возможность создавать дугообразные стены.
- Возможность закладки отверстий под электропроводку или трубы.
- Укладка кирпичей производится с точностью до полумиллиметра.

Недостатки:

- Высокая стоимость комплекса.
- Требуется большой радиус работы стрелы, что приводит к снижению точности укладки и увеличению габаритов машины.

ApisCor – мобильный 3D-принтер в области строительства. Разработан российской компанией «Апис Кор Инжиниринг» (рисунок 2).

Принтер с телескопическим манипулятором, регулирующим высоту подъема и расположенным на поворотной платформе. По конструкции напоминает миниатюрный башенный кран. Он способен печатать стены вокруг себя как внутри, так и снаружи возводимого здания.



Рисунок 2 – Робот для 3D-печати зданий ApisCor

Figure 1 – ApisCor Building 3D Printing Robot

Для начала работы принтера необходимо подключить автоматическую систему замешивания и подачи смеси, систему коммуникаций и непосредственно сам принтер. Для печати домов используют такой материал, как фибробетон или геополимер. Он подается в определенном количестве, с машинной точностью. Принтер работает, возводя слой за слоем, не оставляя излишков материала.

Преимущества:

- Принтер имеет компактные габариты 4×1,6×1,5 м.

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

- Встроенная система автоматического выравнивания по горизонту, стабилизационная система.

- Вес – 2 т.

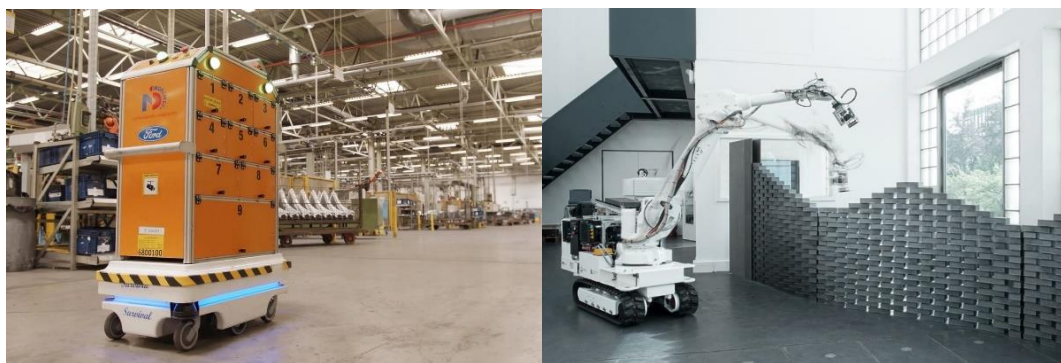
- Снижение стоимости проекта таким принтером достигает 40% по сравнению с бетонным аналогом.

- Автоматическая система подготовки и подачи смеси.

Недостатки:

- Выполняет часть монтажных и ремонтных процессов, т.е. печатает только самонесущие стены и перегородки.

Кроме роботов, непосредственно возводящих здание, могут использоваться роботы-доставщики строительных материалов, что позволяет уменьшить количество людей, выполняющих вспомогательные функции. Также повышение мобильности может быть выполнено за счет установки манипулятора на мобильную базу (рисунок 3).



а

б

*Рисунок 3 – Мобильные роботы-строители:
а – логистический робот; б – робот-укладчик на мобильной базе*

*Figure 3 – Mobile robots builders
a - logistic robot; b - mobile-based robot stacker*

Предлагаемая концепция роботизированного комплекса отличается тем, что работа разделена между двумя мобильными роботами (рисунок 4).

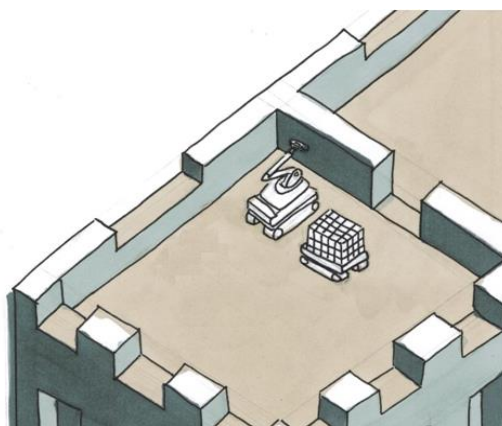


Рисунок 4 – Роботы для укладки и доставки на месте производства работ

Figure 4 – Stacking and Delivery Robots at the work site

Робот, используемый для укладки штучных блоков, является достаточно инновационной технологией в строительной индустрии. Основным принципом работы робота-укладчика штучных

блоков является автоматизация всех технологических процессов. Для самостоятельного передвижения робота используются различные виды датчиков, которые позволяют определять позиции робота для безопасного передвижения на строительной площадке. Для более ровной и стабильной укладки блоков используется механическая рука, которая способна захватывать блоки небольших размеров, что позволяет возводить несущие стены и перекрытия между ними различной формы. Вариант используемых установок должен быть достаточно мобильным, чтобы оборудование смогло передвигаться через дверные проемы и производить перемещение между этажами без каких-либо затруднений. Вторым роботом, работающим в паре с роботом-укладчиком, является робот-подвозчик строительных материалов. Назначение данного робота заключается в том, чтобы он своевременно подвозил строительные материалы роботу-укладчику штучных блоков, после этого происходит их взаимодействие, тем самым не требуя для рабочего процесса присутствия рабочих.

Предлагаемые роботы комплекса представлены на рисунке 5. В состав комплекса входят 2 робота: робот-укладчик штучных блоков и робот-подвозчик строительных материалов. Рассмотрим принцип действия данных установок. Работа подвозчика строительных материалов осуществляется тем, что он заранее получает материалы на строительной площадке, а далее поднимается уже на объект, где непосредственно будет производиться строительство самого здания или возведение внутренних стенок и перекрытий. Паллета, на которой располагаются штучные блоки, имеет следующие размеры: длина 1,2 м, ширина 0,8 м. Выбор габаритов обусловлен тем, что комплекс должен быть достаточно мобильным для удобства перемещения по уже построенному сооружению. Для робота, доставляющего строительные материалы, необходимо, чтобы он проходил через дверные проёмы, разворачивался в небольших коридорах. Общая масса робота вместе со строительными материалами ограничена максимальными возможностями перекрытий. Согласно СНиП временные нагрузки на межэтажные перекрытия должны составлять около 150–300 кг/м² в зависимости от конструкции самого здания. После получения груза робот-доставщик направляется к подъемнику, далее заезжает на платформу, которая поднимает его на строящийся этаж и после происходит взаимодействие двух машин.

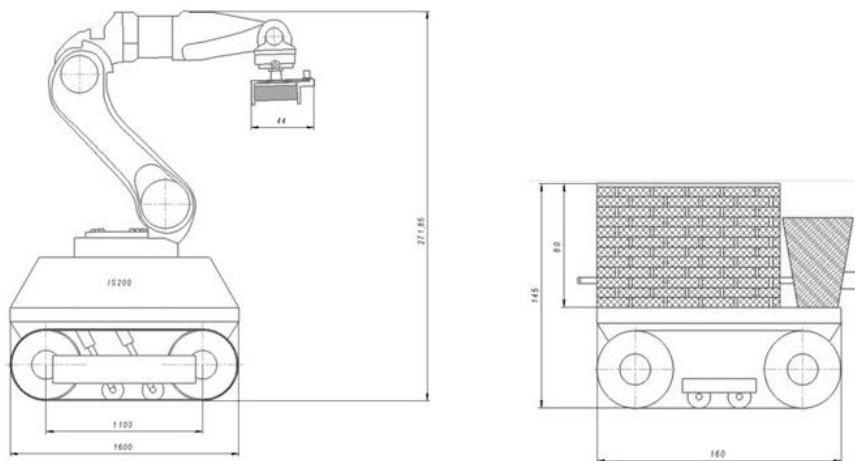


Рисунок 5 – Комплект роботов комплекса для строительства сооружений из штучных блоков

Figure 5 – Set of robots for construction structures from unit blocks complex

Для ориентации мобильных роботов на строительной площадке необходима система навигации. Далее приведен обзор различных способов навигаций, необходимых для автоматизированного и самостоятельного передвижения роботов по площадке.

Первый способ навигаций, который будет рассмотрен, технология передвижения по 5G сети. С развитием мобильной связи стали появляться все более совершенные сети, одной из которых и является 5G. Производители быстро взяли на вооружение переход к новым сетям в различных сферах, изготовители строительной техники адаптируются к новым реалиям и стараются

первыми представить себя в этом направлении. В сравнениях двух сетей 4G и 5G вторая предлагает большую скорость интернета, а также более лучшую пропускную способность и меньшую задержку. На практике получаются не просто цифры, а реальный практически результат, например, на стройплощадке увеличивается производительность, понижаются расходы и снижаются риски для здоровья рабочих. Удаленное управление техникой является основным вектором для горнодобывающей и строительной промышленности, но для стабильной работы необходимо обеспечить минимальное время задержки, с чем не совсем справлялись сети 4G/LTE. Для уменьшения этого показателя и вводят сеть 5G, чтобы дистанционно управлять техникой в режиме реального времени, с тем же временем, которое обусловлено для «классического» управления из кабины.

Рассмотрим второй способ навигаций в пространстве с помощью датчиков глубины [9]. Принцип действия данного типа навигаций основан на постройке 3D-карты объектов, находящихся вокруг сенсора. Благодаря сенсору LIDAR (лидар), происходит подсчет расстояния до объектов, из него пускается пучок света и подсчитывается время возврата. Существует несколько видов лидаров, первым из них будет статический, действие которого направлено в одну сторону, а также есть вращающийся, он уже способен сканировать пространство вокруг себя на 360 градусов. Но для полного виденья в зоне нужно добавить ещё 2 камеры, что обеспечит максимально детально отсканировать все препятствия. Информация, получаемая с помощью лидара, представлена в виде трёхмерного облака точек, которые не требуют дальнейшей дополнительной обработки. Также не возникает дополнительных трудностей, чтобы с двух камер получать стереоизображение. Для этого потребуется определить разницу между изображениями, которые были сняты под разными углами, а впоследствии на основе этого составляется карта глубины. В дальнейшем установке нужно сориентироваться, где же именно она находится на карте, которая ранее формируется с помощью лидара, а также важно определить его собственные габариты (рисунок 6).

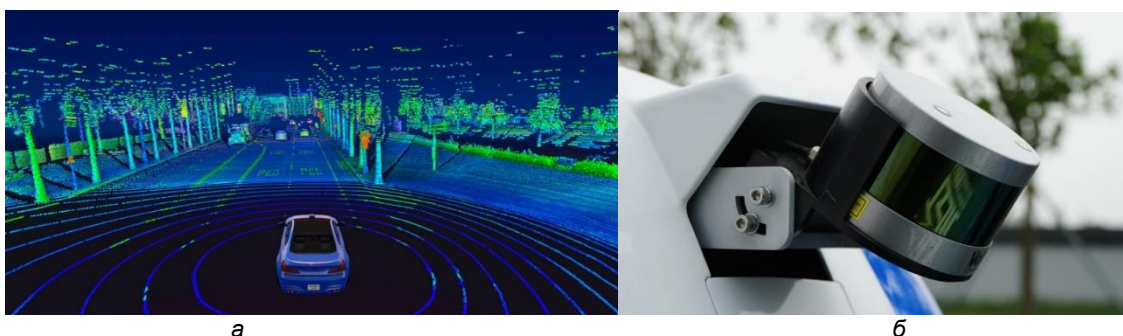


Рисунок 6 – Построение трехмерного пространства:
а – считывание пространства с помощью датчика LIDAR; б – сенсор LIDAR

Figure 6 – 3D Space Construction
a - space reading using LIDAR sensor; b - LIDAR sensor

Далее производится расчет мощности и выбора электромеханических приводов шарниров поворота звеньев, а также составляется баланс мощности. Схема стрелы для расчета моментов представлена на рисунке 7.

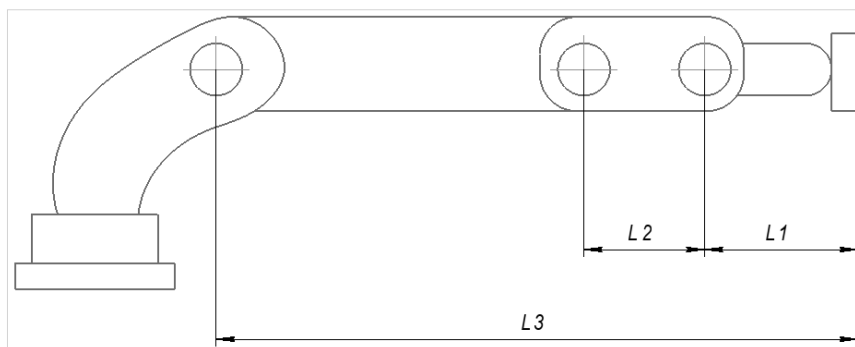


Рисунок 7–Схема стрелы для расчета моментов

Figure 7 – Boom diagram for moments calculation

Исходя из общей длины манипулятора и размеров звеньев длины расчетной схеме (см. рисунок 4) составляют L_1 , L_2 , L_3 , соответственно равняется 0,3 м; 0,8 м и 2,6 м.

Момент сил определяется по зависимости

$$M = G \cdot L, \quad (1)$$

где G – сила тяжести элемента, Н;

L – плечо действия силы, м.

Сила тяжести рассчитывается по формуле

$$G = m \cdot g, \quad (2)$$

где m – принимаемая масса штучного блока и звеньев манипулятора, кг;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

Расчеты по формулам (1) и (2) позволяют получить следующие результаты:

1) Сила тяжести поднимаемого груза равняется $G = 49,1 \text{ Н}$.

2) Момент в шарнире звеньев соответственно $M_1 = 458,98 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $M_2 = 108,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $M_3 = 29,445 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Рассчитаем мощность привода выходном валу планетарного редуктора шарнира:

$$N = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n, \quad (3)$$

где π – отношение длины окружности к диаметру;

n – частота вращения, c^{-1} ;

η – КПД шарнира.

Примем частоту вращения звеньев $n = 0,2 \text{ c}^{-1}$.

Приступим к расчету мощности по формуле (3): $N_1 = 576,49 \text{ Вт}$; $N_2 = 135,77 \text{ Вт}$; $N_3 = 36,98 \text{ Вт}$.

Суммарная мощность приводов рассчитывается следующим образом:

$$\sum N = N_1 + N_2 + N_3. \quad (4)$$

Таким образом, суммарная мощность приводов равняется 749,24 Вт.

Суммарная мощность двигателей привода шарниров

$$\sum N_{дв} = \sum N / \eta_{ред}, \quad (5)$$

где $\eta_{ред}$ – КПД редуктора.

КПД планетарного редуктора принимаем равным 0,85.

Суммарная мощность двигателей привода шарниров составляет 881,46 Вт.

Тогда суммарная мощность привода с учетом коэффициента запаса:

$$N_{\text{дв}} = \sum N_{\text{дв}} \cdot K_{\text{зап}}, \quad (6)$$

где $K_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса.

Принимаем коэффициент запаса по мощности равным 1,25.

Суммарная мощность привода с учетом коэффициента запаса составляет 1101,82 Вт. Для расчета мощности приводных аккумуляторных батарей принимается мощность 1,1 кВт (Таблица 1).

Таблица 1
Основные параметры робота-укладчика

Table 1
Basic parameters of the stacker robot

Наименование	Единица измерения	Значение
Габариты робота	мм	1600x800x3500
Высота подъема блока	м	3
Масса робота	кг	200
Максимальный размер блока	мм	250x380x219
Длина звена L1	м	0,3
Длина звена L2	м	0,8
Длина звена L3	м	2,6
Момент в шарнире поворота звена 1	Н · м	459
Момент в шарнире поворота звена 2	Н · м	108,1
Момент в шарнире поворота звена 3	Н · м	29,4
Мощность привода N1	Вт	576,5
Мощность привода N 2	Вт	135,8
Мощность привода N 3	Вт	37
Суммарная мощность привода	кВт	1,1

Заключение

В данной статье были рассмотрены различные виды навигации; представлена концепция предлагаемого роботизированного комплекса, который способен работать с минимальным вмешательством человека в рабочий процесс; описаны принципы их работы на строительной площадке, а также представлены чертежи установок и расчеты, необходимые для подбора компонентов.

Библиографический список

1. Гуторович О.В. Четвертая промышленная революция и её последствия // Дискурс. 2018. № 6. С. 11–17.
2. Маслов В. И., Лукьянов И. В. Четвертая промышленная революция: истоки и последствия // Вестник Московского университета. Серия 27. Глобалистика и геополитика. 2017. № 2. С. 38–47.
3. Шваб К. Четвертая промышленная революция: книга / К. Шваб. Москва: Эксмо, 2016. 138 с.
4. Как роботы меняют строительную отрасль уже сейчас. Режим доступа: <https://pacs.ru/blog/tekhnologii/kak-roboty-menyayut-stroitelnyuyu-otrasl-uzhe-seychas/> (дата последнего обращения: 28.11.2022).
5. Строительные роботы: технологии будущего уже сегодня. Режим доступа: <https://vektor.ru/blog/stroitelnyj-robot.html> (дата последнего обращения: 28.11.2022).
6. Робот-паллетайзер (робот-укладчик). – URL:<https://robotec.ru/solutions/robot-palletajzer> (дата последнего обращения: 30.11.2022).
7. Виды роботов–паллетайзеров ROBORAC. – URL: <https://agatpack.ru/articles/vidy-robotov-palletajzerov-robora/> (дата последнего обращения: 30.11.2022).
8. Робот-каменщик кладет кирпичи в 6 раз быстрее обычного рабочего. URL:<https://bespilot.com/news/739-sam-bricks-robot> (дата последнего обращения: 29.11.2022).
9. Лидары (LiDAR, Light Detection and Ranging). URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> Статья: Лидары_(LiDAR,_Light_Detection_and_Ranging) (дата последнего обращения: 01.12.2022).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Воробей Д. А. – студент.

Майснер А. А. – студент.

Семкин Д. С. – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Строительная, подъемно-транспортная и нефтегазовая техника».

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dmitrii A. Vorobei – student.

Anatolii A. Meisner – student.

Dmitrii S. Semkin – Cand. of Sci., Associate Professor, the Construction, Lifting, Transport and Oil and Gas Engineering Department.



ВЫБОР ВАРИАНТА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

Д. А. Данилов

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
г. Омск, России*

Аннотация. *Осуществление строительных работ многовариантно по своей сути и требует большого объема финансирования. В связи с этим возникает задача такого выбора вариантов производства работ на объектах, чтобы при соблюдении договорных сроков было бы обеспечено минимально необходимое количество дополнительных финансовых ресурсов в целях достижения наибольшей продуктивности их использования, при этом обеспечить соблюдение условий договора на выполнение строительно-монтажных работ.*

Ключевые слова: *строительство, управление, проект, модели выбора, производство работ.*

CHOICE OF OPTIONS FOR WORK PRODUCTION ON CONSTRUCTION SITES

Dmitry A. Danilov

*Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)
Omsk, Russia*

Abstract. *The implementation of construction work is multivariate in nature and requires a large amount of funding. In this regard, the task arises of such a choice of options for the production of work at the facilities so that, the subject to the contractual deadlines, the minimum required amount of additional financial resources would be provided in order to achieve the highest productivity of their use, while ensuring compliance with the terms of the contract for the performance of construction and installation works.*

Keywords: *construction, control, project, choice of options, the production of work.*

Введение

В современном мире как в повседневной жизни, так и в профессиональной среде все чаще используют слово «проект», однако употребляется оно в самых разных значениях. На сегодняшний день основой методов управления проектами являются методики сетевого планирования и структуризации планируемых работ.

Основная часть

Реализация проекта предполагает выполнение действий, технологически связанных между собой. Зависимости, которые существуют между работами, определяются технологией выполнения определенных видов работ либо их последовательностью. В соответствии с логикой исполнения строительно-монтажных работ каждый проект имеет ограниченную продолжительность по времени и ограниченные финансовые и материальные ресурсы.

Одним из основных понятий, связанных с проектом, является понятие цели и задач проекта. Цель – это желаемый результат деятельности, достигнутый в пределах некоторого интервала

времени. Задача – желаемый результат деятельности, достижимый за заданный интервал времени и характеризующийся набором количественных данных или параметров этого результата. Цель становится задачей, если указан срок ее достижения и заданы количественные характеристики желаемого результата. Для каждого проекта может быть поставлено множество целей, отражающих структуру самого проекта и его участников [1]. Для того чтобы определить степень достижения этих целей, необходимо выбрать соответствующие критерии. На основе этих критериев можно оценить альтернативные решения по достижению целей проекта. Цели должны находиться в «области допустимых решений» проекта.

Выбор вариантов производства работ в строительстве представляет собой деятельность, направленную на подготовку и реализацию какого-нибудь строительного проекта. Строительство любого объекта для предприятия, его выполняющего, является всего лишь эпизодом его производственной деятельности, то есть предприятие будет осуществлять эту же деятельность и в дальнейшем, но уже на других объектах и в другие сроки. Следовательно, в целях планирования собственной деятельности предприятие должно иметь представление о том, где и когда будут работать его сотрудники. Представление об этом дает график движения бригад. Строительная организация включает в плановый период строительство объектов, каждый из которых описан обобщенной сетевой моделью. Для каждого объекта заданы перечень работ и их характеристики: объем, трудоемкость, продолжительность, исполнители, стоимость. Заданы технологические и организационные связи между работами и ограничения на сроки выполнения работ [2, 3, 4].

Все строительные организации имеют в своем составе комплексные бригады [5, 6]. Известны степень профессионализма и квалификация состава рабочих бригад, вместе с тем известна выработка каждого рабочего по своей и совмещенной специальности. Поэтому важно провести назначение всех бригад (или распределить объекты) так, чтобы различие между потребностью и наличием по всем видам ресурсов, по всем бригадам и объектам было бы минимально. Очевидно, что для успешного управления строительным производством необходимо добиться соответствия бригады не только по структуре и объему работ на объекте строительства, но и графику производства работ. Строительное производство многовариантно по своей сути, то есть каждая работа может быть выполнена несколькими способами, как с точки зрения ее технологии, так и с точки зрения ее выполнения. Это означает, что предварительному анализу должны подвергаться наиболее перспективные варианты ее выполнения, из которых должен отбираться самый рациональный в текущих условиях [7]. Существующие модели выбора вариантов производства строительного-монтажных работ направлены главным образом на то, чтобы обеспечить соответствие привлекаемых ресурсов строительной организацией требованиям, диктуемым выполняемыми работами и выбрать рациональную схему движения бригад по объектам строительства, обеспечивающую сокращение сроков строительства за счет сокращения простоев бригад при движении с одного объекта на другой. Учитывая, что сокращение сроков выполнения работ можно обеспечить при неизменных производственно-технологических условиях, то есть постоянной технической оснащенности и заданном уровне производительности труда, только за счет насыщения фронта работ дополнительными ресурсами или же за счет совмещенного выполнения работ. Вполне очевидно, что сокращение продолжительности строительства объектов ведет и к увеличению дополнительных затрат, связанных с насыщением фронта работ дополнительным числом машин и рабочих, снимается оборачиваемость опалубки строительных лесов и инструментов, увеличиваются транспортные расходы и расходы, вызванные ведением строительного-монтажных работ в две и три смены [8, 9]. Сокращение продолжительности строительства различных комплексов и сооружений позволяет получить прибыль от дополнительной продукции, выпущенной предприятием за период, равный его досрочному завершению строительного-монтажных работ, а также сократить накладные расходы у строительной организации. Таким образом, разрабатываемый календарный план должен стать эталонным вариантом, позволяющим возводить комплекс в заданные сроки с минимальными затратами и при его выборе отвечать на вопрос, как, то или иное отклонение от него отразится на экономическом эффекте строительства. Основной целью оптимизации является сокращение сроков и стоимости работ без потери качества. Сокращение сроков продолжительности работ по строительству от максимальных к минимальным значениям изменяет себестоимость строительного-монтажных работ.

Каждый вариант будет характеризоваться различной стоимостью. Здесь появляется задача выбора таких вариантов производства работ, которые могут обеспечить минимизацию затрат на осуществление строительного проекта.

Результатом решения этой задачи для независимых и последовательных работ можно обобщить на случай произвольной технологически связанной последовательности работ. Основой обобщения является следующее утверждение: всякий сетевой график, описывающий строительство объекта, является агрессивным [10].

Доказательство следует из правил построения сетевых графиков. Сетевой график на строительстве объекта представляет собой набор работ, связанных технологической последовательностью их выполнения. Работы, согласно сетевому графику, могут выполняться последовательно или параллельно. Агрегируя параллельно выполняемые работы в одну, в итоге получаем, что в преобразованном графике все работы будут выполняться последовательно. Таким образом, сетевой график, описывающий процесс возведения объекта, является агрегируемым. Из этого утверждения следует, что произвольный сетевой график, описывающий строительство объекта или выполнения комплекса работ, можно представить в виде групп параллельно и последовательно выполняемых работ, что дает возможность применения следующих результатов:

- общая продолжительность комплекса работ, выполняемых параллельно, будет равняться максимальной продолжительности работ, составляющих этот комплекс;
- общая продолжительность работ, выполняемых последовательно, будет равняться сумме их продолжительностей.

Таким образом, возникает задача определения оптимальной стратегии выполнения работ на объектах строящегося комплекса при минимизации затрат, направляемых на сокращение сроков выполнения работ.

Предположим, что нормативная продолжительность выполнения комплекса работ оценивается величиной, равной R_0 , и является исходным состоянием изучаемой системы. Поставлена задача разработать стратегию производства работ таким образом, чтобы общая продолжительность строительства комплекса сократилась до величины R_T , а затраты при этом были минимальны. За базовый вариант производства работ, соответствующий нормативной продолжительности строительства объектов, принимается R_0 . Причем между состояниями R_0 и R_T существует некоторое количество промежуточных состояний, описывающих возможные варианты интенсификации строительства объектов с целью сокращения сроков строительства. Очевидно, что для m работ, для каждой из которых существует n вариантов выполнения, возможно осуществление перехода из существующего состояния в требуемое различными путями. Следовательно, задача сводится к выбору варианта для каждой работы таким образом, чтобы достигнуть требуемого общего срока строительства с минимальными затратами.

Библиографический список

1. Васильев Д. К., Колосова Е. В., Хулап Г. С., Цветков А. В. Системы и механизмы реализации проектов: опыт внедрения / Материалы Международного симпозиума по управлению проектами в переходной экономике. Москва, 1997. Том 1. С. 683–687.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
3. СП 48.133330.2011 «Организация строительства».
4. СНиП 1.04.03-85 «Норма продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений».
5. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998. 1022 с.
6. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Как управлять организациями. М.: СИНТЕГ, 2004.
7. Александров Н. И., Комков Н. И. Моделирование организации и управления решением научно-технических проблем. М.: Наука, 1988. 216 с.
8. Буркова И. В., Михин П. В., Попок М. В. Задача о максимальном потоке // Современные сложные системы управления: Сб. науч. тр. междунар. конф. Т. 2/ Тульск. гос. ун-т. Тула, 2005. С. 80–91.
9. Буркова И. В., Михин П. В., Попок М. В., Семенов П. И., Шевченко Л. В. Модели и методы оптимизации планов проектных работ. М., 2005. 103 с. (Научное издание / Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН).
10. Бушуев С. Д., Колосова Е. В., Хулап Г. С., Цветков А. В. Методы и средства разрешения конфликтов при управлении сложными проектами / Материалы Международного симпозиума по управлению проектами. С.-Пб., 1995. С. 212 – 216.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Данилов Дмитрий Александрович – магистрант, 08.04.01 - Строительство.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Dmitry A. Danilov – Master's student.

**Научный руководитель: Чулкова Ирина Львовна,
д-р. техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ»
Scientific advisor: Irina L. Chulkova, Dr. of Sci., Professor
Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)**



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

А. Б. Ивкина, Е. В. Мордовская

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
г. Омск, Россия*

Аннотация. В настоящее время рост объемов производства и использования сухих строительных смесей при отделочных работах достиг массового уровня и занимает большую часть строительного рынка. Совершенствование технологии применения сухих строительных смесей подтвердило свое превосходство над более традиционными и устаревшими способами выполнения отделочных работ.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, органоминеральная добавка, отделочные работы.

IMPROVEMENT OF FINISHING TECHNOLOGY WITH APPLICATION OF DRY MIXTURES

Alina B. Ivkina, Elena V. Mordovskaya

*Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)
Omsk, Russia*

Abstract. At present, the growth in production volumes and the use of dry building mixtures in finishing works has reached a massive level and occupies a large part of the construction market. The improvement of the technology for the use of dry building mixtures has confirmed its superiority over more traditional and outdated methods of performing finishing work.

Keywords: dry building mixtures, organic mineral additive, finishing works.

Введение

В строительной практике, в частности при выполнении отделочных работ, в большей мере находят применение сухие строительные смеси.

На сегодняшний день отечественный рынок сухих строительных смесей – один из самых динамично развивающихся секторов отрасли строительных материалов. Темпы прироста объемов выпуска сухих строительных смесей не опускаются ниже, чем 40–50% в год [1]. Необходимо подчеркнуть, что в структуре цены сухих строительных смесей себестоимость сырья составляет от 30–40%. В связи с этим актуальным является применение местных материалов, способствующих снижению стоимости сухих строительных смесей и совершенствованию отделочных работ.

Основная часть

С появлением сухих строительных смесей на объектах строительства работающие с ними строители очень быстро смогли оценить их качественные преимущества перед обычными растворными смесями, приготовленными непосредственно на строительной площадке.

Такие сухие строительные смеси в заводских условиях имеют четкий контролируемый состав, а также более высокую стабильность качественных характеристик. В результате чего в настоящее время из процесса строительного производства практически в полном объеме вытеснены строительные растворы, приготовленные непосредственно на объекте строительства, используемые для выполнения отделочных работ [2].

Впрочем, доля строительных растворов, приготовленных некачественно на строительных площадках, достаточно высока, прежде всего, при производстве отделочных работ. В основе сложившейся ситуации лежат экономические причины. При всех преимуществах сухих строительных смесей, приготовленных в заводских условиях, они имеют большую себестоимость, чем обычные растворные смеси, приготовленные вручную. При этом ручное применение сухих строительных смесей, вопреки существенному повышению качества производимых работ и производительности труда рабочих, все же не в полной мере реализует экономический потенциал применения рассматриваемого вида строительных материалов [3, 4, 5].

Использование ручного труда в строительной сфере непосредственно связано в первую очередь со слабым развитием производственной базы строительства, низким уровнем профессиональной подготовки рабочих, в том числе низкими расценками на ручной труд. Вследствие чего для высокого увеличения производительности труда и сокращения сроков строительства необходимо внедрить в практику применение сухих строительных смесей, механизированных методов производства отделочных работ, применение которых повышает эффективность сухих строительных смесей, так как позволяет организовать выполнение работ (рисунок 1) поточными методами и существенно сократить продолжительность всего комплекса процессов производства отделочных работ.



Рисунок 1 – Механизация работ по устройству стяжки пола

Figure 1 – Mechanization of floor screed installation

Комплексная механизация строительных процессов при производстве отделочных работ достаточно хорошо известна и в настоящее время не является высоким технологическим достижением. Уже в СССР широко использовались технологии механизированного нанесения строительных растворов, приготовленных на растворных узлах и впоследствии доставляемых на строительную площадку специальным автотранспортом.

После периода развала страны в отрасли строительства уровень заготовительных процессов при производстве отделочных работ снизился настолько, что в большинстве случаев приготовление строительного раствора производилось непосредственно на строительной площадке с использованием лопаты в качестве смесителя и дозатора необходимых компонентов.

Широкое внедрение в практику строительства сухих строительных смесей по-новому открыло возможности механизации производства отделочных работ с применением как зарубежного, так и отечественного оборудования. На сегодняшний день для комплексной механизации отделочных работ с использованием сухих строительных смесей применяют следующие виды машин и приспособлений: транспортные силосы для сухих строительных смесей (рисунок 2), системы пневмоподачи сухих строительных смесей, смесители с автоматическим дозированием

воды для приготовления растворных смесей, однокамерные штукатурные машины, двухкамерные штукатурные машины.

Выбор какого-либо из оборудований для механизированного выполнения отделочных работ зависит не только от назначения производимых работ, но и от вида используемых сухих строительных смесей.

Использование механизированных способов нанесения заставили пересмотреть отношение к составам сухих строительных смесей как к минеральным компонентам – вяжущему и заполнителю, так и к модифицирующим добавкам. Кроме принятых стандартных строительно-технологических требований, которые предъявляются к смесям ручного нанесения, сухая строительная смесь для механизированного нанесения в течение короткого времени перемешивания с водой должна обеспечить однородность и хорошую перекачиваемость затворенной готовой смеси [6]. В связи с этим существует ряд особенностей, которые необходимо учитывать как при разработке составов сухих смесей для механизированного нанесения, так и при выборе средств механизации строительных работ с использованием сухих строительных смесей различного вида составов.



Рисунок 2 – Механизация штукатурных работ

Figure 2 – Mechanization of plastering works

Монопольное присутствие зарубежных сухих строительных смесей для механизированного нанесения на российском рынке было прервано в 1998 г. Освоив первоначально выпуск гипсовых штукатурных смесей для механизированного нанесения, российские производители постепенно расширяли номенклатуру сухих смесей [7]. Впоследствии ряд предприятий по выпуску сухих строительных смесей, реконструировав производство, перешли к расфасовке смесей для механизированного нанесения в специальные транспортные силосы, что позволило в значительной степени снизить расходы на упаковку смесей, а также сократить непроизводственные потери при хранении и транспортировке. Для решения кадровых проблем при использовании средств механизации производства отделочных работ с применением сухих строительных смесей ведущими российскими производителями были организованы постоянно действующие семинары по профессиональной переподготовке. Комплексный подход к внедрению механизированных технологий значительно увеличил объем потребления и распространения сухих строительных смесей для механизированного нанесения. Анализируя рынок СССР, России следует отметить, что в настоящее время лидируют производители предприятий Кнауф, Юнис, Старатели, Волма, которые утвердились и удерживают свои позиции за счет выпуска продукции стабильного качества (рисунок 3) [8].

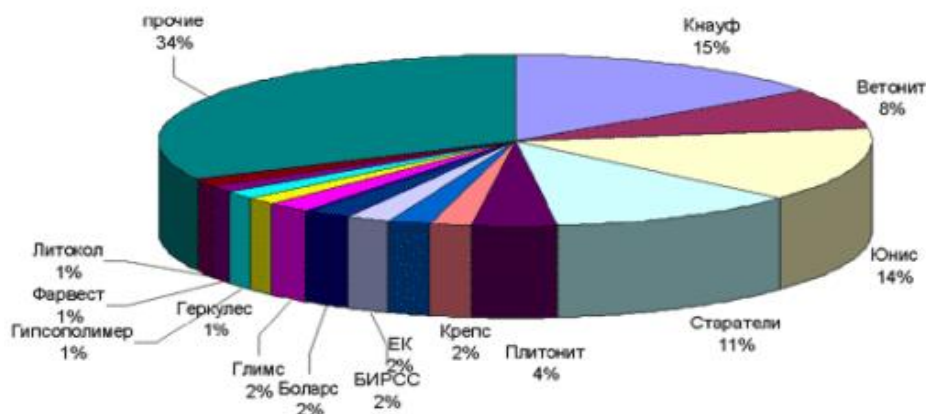


Рисунок 3 – Основные производители сухих строительных смесей России и их доли рынка в натуральном выражении (по данным 2021 г.)

Figure 3 – The main producers of dry building mixes in Russia and their market shares in physical terms (according to the data in 2021)

Рассмотрим совершенствование производства внутренних отделочных работ с применением сухих строительных смесей (таблица).

Таблица
Показатели свойств штукатурной гипсовой сухой строительной смеси

Table
Properties of plaster gypsum dry construction mixture

Наименование свойств	Показатели свойств для составов			
	1	2	3	прототип
Влажность сухой строительной смеси, %	Не более 0,1	Не более 0,1	Не более 0,1	Не более 0,1
Водопотребность, %	44	45	46	53
Подвижность, см	165	165	165	165
Время начала схватывания, мин	95	95	85	95
Жизнеспособность, мин	95	95	85	95
Водоудерживающая способность, %	96	99	99	98
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	3,6	4,3	3,9	2,8
Предел прочности при сжатии, Мпа	9,7	10,8	10,2	6,5
Прочность сцепления с основанием, Мпа	0,55	0,60	0,57	0,55
Водостойкость, коэффициент размягчения	0,81	0,86	0,80	0,70

При производстве работ традиционным (ручным) способом в комплексный процесс оштукатуривания входят:

- заготовительные работы, которые включают в себя приготовление раствора на растворных узлах либо непосредственно на строительной площадке;
- транспортные работы, которые включают в себя доставку на строительную площадку и к рабочему месту;
- подготовительные работы, которые включают в себя подготовку поверхности, провешивание плоскостей, установку маяков, а также устройство подмостей;
- основные работы, которые включают в себя нанесение обрызга и отдельных слоев грунта с разравниванием, отделку углов и откосов и нанесением накрывки.

Приготовление раствора, его нанесение на оштукатуриваемую поверхность являются в большей степени трудоемкими операциями. В связи с этим продолжительность и качество работ, как правило, зависят от профессиональных навыков и физических способностей рабочего.

Применение механизированных технологий при выполнении тяжелых и трудоемких операций, входящих в состав штукатурных работ, позволяет сократить продолжительность производства работ и повысить качество их выполнения [2, 3].

Благодаря использованию механизированных технологий при производстве отделочных работ с применением сухих строительных смесей в два раза сокращается количество специализированных бригад и продолжительность выполнения ими работ. Это достигается, во-первых, за счет сокращения трудозатрат на стадии заготовительных и транспортных работ, обусловленных совмещением процессов по приготовлению растворной смеси и доставке затворенной смеси к рабочему месту, во-вторых, за счет резкого повышения производительности труда на стадии проведения основных работ, связанного с заменой технологических операций обрызга, грунта и накрывки на единый процесс нанесения штукатурного раствора [4].

По различным оценкам, в зависимости от выбранной схемы механизации производства отделочных работ производительность труда повышается в 2–4 раза по сравнению с ручным способом выполнения работ.

Таким образом, применение механизированных методов при выполнении отделочных работ с использованием сухих строительных смесей не только повышает качество производимых работ, но и эффективность применения самих рассматриваемых смесей за счет уменьшения объемов ручного труда, сокращения трудозатрат и снижения общей себестоимости производства работ.

Заключение

В настоящее время совершенствование технологии отделочных работ не обходится без применения сухих строительных смесей. Они имеют превосходные характеристики. По сравнению с традиционными растворными смесями сухие строительные смеси имеют ряд преимуществ, такие как: транспортировка, изготовление самого раствора, качество готового раствора и хранение. Кроме того, использование сухих строительных смесей при производстве отделочных работ поможет существенно сэкономить средства, так как упрощается доставка, сокращается время работ, а высокое качество сделает конечный результат просто идеальным. Использование специализированной техники для приготовления и нанесения строительных смесей позволит повысить производительность труда в 4–5 раз, а также существенно повысит качество отделочных работ.

В конечном итоге сухие смеси и продукция на их основе оказываются дешевле продукции из традиционных смесей благодаря обеспечению гораздо более высокой производительности труда, низкой материалоемкости, высоким эксплуатационным характеристикам и главным образом существенно большей долговечности.

Библиографический список

1. Денисов Г. А. Производство и использование сухих строительных смесей // Строительные материалы XXI века. 2011. № 1. С. 14–17.
2. Справочник новейших технологий в строительстве и ремонте / авт.-сост. В. С. Котельников. Ростов н/Д: Феникс, 2013. 271 с.: ил. (Профессиональное мастерство).
3. Материаловедение для отделочных строительных работ / В.А. Смирнов [и др.] М.: Академия, 2003. 288 с.
4. Черноус Г. Г. Технология штукатурных работ / Г.Г. Черноус. М.: Academia, 2013. 240 с.
5. Широкова Л. А. Технология и организация строительных отделочных работ: учебное пособие / Л.А. Широкова. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. 128 с.
6. Справочник новейших технологий в строительстве и ремонте / авт.-сост. В. С. Котельников. Ростов н/Д: Феникс, 2013. 271 с.: ил. (Профессиональное мастерство).
7. ГОСТ 8433-81 Вещества вспомогательные ОП-7 и ОП-10. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1981. 13 с.
8. Корнеев В.И. Словарь «Что есть «что» в сухих строительных смесях»/ В. И. Корнеев, П. В. Зогуля. СПб.: НП «Союз производителей сухих строительных смесей», 2005. 312 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Алина Борисовна Ивкина – магистр «Промышленное и гражданское строительство: технология и организация строительства».

Елена Викторовна Мордовская – магистр «Промышленное и гражданское строительство: технология и организация строительства».

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alina B. Ivkina – undergraduate student, Civil engineering: technology and organization of construction

Elena V. Mordovskaya – undergraduate student, Civil engineering: technology and organization of construction

**Научный руководитель: Ращупкина Марина Алексеевна,
канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «СибАДИ»
Scientific adviser - Marina A. Raschchupkina,
Cand. of Sci., Associate Professor, SibADI**



МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНА: ВИДЫ, ПРИМЕНЕНИЕ

А. Г. Майоров, Ш. А. Нурмагомедов

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
г. Омск, Россия*

Аннотация. *Технический прогресс в производстве бетона и железобетона не стоит на месте и постоянно развивается, вместе с ним совершенствуются технология и свойства получаемых бетонов, а также предъявляются и новые требования к химическим добавкам.*

Ключевые слова: *строительство, бетон, строительные изделия, присадки, модифицирующие добавки, суперпластификатор.*

MODIFYING ADDITIVES FOR CONCRETE: TYPES, USE

Aleksey G. Mayorov, Shamil A. Nurmagomedov

*Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)
Omsk, Russia*

Abstract. *Technical progress in the production of concrete and reinforced concrete does not stand still and is constantly in progress, along with it, the technology and properties of the resulting concrete are being improved, as well as new requirements for chemical additives.*

Keywords: *construction, concrete, building products, additives, modifying additives, superplasticizer.*

Введение

Бетон является наиболее распространенным материалом в промышленном и гражданском строительстве. Он имеет множество разновидностей и применяется как конструкционный, отделочный и теплоизоляционный материал. В соответствии с ГОСТ 26633 бетоны по показателям качества классифицируются по ряду признаков: назначению, по прочности, виду вяжущего, плотности, структуре, составу [1].

Одним из наиболее эффективных путей интенсификации производства, повышения качества, снижения себестоимости и материалоемкости железобетонных изделий и конструкций является применение химических добавок для бетонных смесей. В современной технологии бетона применяют различные виды модификаторов бетона, позволяющие целенаправленно регулировать структурообразование цементных композитов и совершенствовать технологию бетона на всех этапах изготовления бетонных и железобетонных изделий и конструкций, приготовлении и транспортировке бетонной смеси, ее формовании и твердении.

Модифицирующие добавки для бетона – это химические продукты неорганического или органического происхождения, включаемые в состав смесей с целью повышения их физико-химических характеристик и придания конечных положительных свойств бетону, необходимых для получения строительных конструкций с высокими эксплуатационными характеристиками и в наиболее приемлемые сроки.

Виды модификаторов для повышения технологических свойств бетона

Наиболее изученные и свободно применяемые в нашей стране добавки [2], в зависимости от основного получаемого эффекта действия, условно можно распределить на три группы:

- модификаторы, регулирующие характеристики готовых к применению смесей;
- добавки, изменяющие и повышающие основные свойства бетонов;
- химические лигатуры для придания бетонам специальных свойств.

Некоторые типы присадок обладают многофункциональным действием, например, воздухововлекающие, пластифицирующие, газообразующие и др. В этом случае модифицирующую добавку классифицируют с учетом наиболее выраженного эффекта действия (рисунок 1).



Рисунок 1 – Многофункциональная комплексная добавка

Figure 1 – Multifunctional complex additive

Химические реагенты, вводимые в состав растворов, – это эффективный метод прямого воздействия на архитектуру и физико-технические характеристики бетонов, позволяющий получить серьезный экономический эффект и высокие показатели качества готовых изделий:

- уменьшить расход вяжущих (до 12%) с одновременным увеличением прочности до 25%;
- повышенные технологические качества смесей (однородность, подвижность и др.);
- возможность регулирования скорости твердения и тепловыделения бетонного раствора;
- сокращение времени тепло-влажностной обработки;
- твердение бетона без дополнительного прогрева в условиях низких температур (до -25 °С);
- в 2–3 раза повысить морозостойкость изделий;
- на 1–2 марки повысить водонепроницаемость и прочность изделий;
- повысить сопротивление конструкций к различным температурным и химическим воздействиям.

Рассмотрим добавки, относящиеся непосредственно к улучшению качества смесей путем изменения их основных характеристик в процессе укладки в опалубку конструкций:

- пластификаторы;
- суперпластификаторы;
- стабилизирующие добавки;
- воздухововлекающие присадки.

Пластификаторы. Эффект разжижения, укладываемого в конструкцию бетона, получаемый в результате введения специальных модифицирующих лигатур, называется пластификацией. Пластификаторы – это поверхностно-активные добавки, представляющие собой жидкие суспензии или порошкообразные сухие смеси, которые при введении в раствор образуют нейтральные или слабощелочные соединения, регулирующие подвижность (удобоукладываемость) цементных бетонов.

Использование данных лигатур в производстве железобетонных конструкций позволяет упростить формование изделий за счет стабильного подвижного состояния применяемых

составов. Помимо этого, сократить расход цемента, снизить водопотребность раствора и при этом увеличить плотность готового бетона.

К числу пластификаторов, которые дают возможность направленно регулировать характеристики цементных смесей, относятся следующие добавки:

1. Лингосульфонаты технические (сокращенно ЛСТ) представляют собой соединение солей натрия и лигносульфоновых кислот с добавлением различных минеральных веществ (рисунок 2).



Рисунок 2 – Лингосульфонат технический

Figure 2 – Technical lignosulphonate

2. Сульфитно-дрожжевая бражка (сокращенно СДБ), получаемая из отходов целлюлозного производства (рисунок 3).



Рисунок 3 – Сульфитно-дрожжевая бражка

Figure 3 – Sulphite-fermented yeast

3. Синтетическая поверхностная активная добавка (СПД).

В стандартных тяжелых бетонах обычно используют пластификатор СДБ, хорошо повышающий подвижность смесей и позволяющий уменьшить расход цемента и водопотребность раствора на 8–12%. Поэтому наиболее эффективно его использование при производстве конструкций с высоким проектным содержанием цемента.

Применение добавки СДБ замедляет схватывание бетона и ее рекомендовано использовать только в сочетании с присадками, ускоряющими твердение растворов.

Суперпластификаторы. Первое место среди пластифицирующих добавок по праву занимают суперпластификаторы, относящиеся к разряду комплексных регуляторов состояния бетонных смесей (рисунок 4).



Рисунок 4 – Суперпластификатор Master Silk

Figure 4 – Master Silk Superplasticizer (SP)

Суперпластификаторы (СП) среди аналогичных реагентов выделяются колоссальным эффектом разжижения цементных растворов без снижения параметров прочности при любых сроках испытаний. По своему составу это синтетические полимерные присадки, которые не замедляют схватывание бетона. Расход СП обычно равен 0,1–1,2% от общего объема цемента. При использовании данных пластификаторов нужно учитывать, что действие СП ограничено 2–3 ч с момента их введения в бетонный раствор [2].

Таблица
Основные виды СП

Table
Main SP types

Наименование	Условное обозначение	Дозировка, % от массы цемента
Сульфированные меламино-формальдегидные смолы	10-03	0,3–0,9
	МФАС	0,3–0,9
	С-3	0,4–1,0
	MELMENT	1,0–2,5
Сульфированные нафталин-формальдегидные смолы	Полипласт СП-1	0,4–0,8
	Полипласт СП-3	0,4–0,8
	Полипласт СП-1ВП	0,4–0,8
	STANEMENT N	0,4–1,0
	STANEMENT NN	0,4–0,8
	30-03	0,4–0,8
Модифицированные лигносульфанаты	40-03	0,4–0,8
	МЛС	0,4–0,9
	МТС-1	0,3–0,6
	НИЛ-20	0,4–0,6
	ХДСК-1	0,1–0,5
	КОД-С	0,2–0,3
	BETOFUID	0,3–0,5
STACHEPLAST	0,3–0,5	

Высокий эффект суперпластификаторов обусловлен их способностью образовывать на поверхностях зерен цемента и мелкозернистых заполнителей адсорбционных оболочек, уменьшающих внутреннее трение в структуре бетона.

Применение СП дает возможность широко применять бетонные смеси с низким водоцементным соотношением (В/Ц) при сооружении любых типов конструкций из монолитного железобетона классов прочности В15 и выше, при этом, используя простые технологические приемы, получить следующие преимущества:

- высокую прочность готовых изделий (60–80 МПа);
- возможность применения литьевого способа с краткосрочной вибрацией конструкций, при низком В/Ц, для производства сборного железобетона;
- благополучно заливать конструкции самого сложного профиля;
- повысить скорость формования изделий;
- снизить расход цемента;
- улучшить качество поверхности выпускаемых изделий;
- приготовление смесей на нестандартных заполнителях (мелкий песок);
- применение напрягающего цемента или расширяющих добавок при возведении монолитных конструкций;
- изготовление конструкций из жаростойкого бетона на портландцементе, глиноземистом цементе, шлакопортландцементе.

Эффект действия пластификаторов рассмотрим на примере наиболее распространенной добавки С-3 с прекрасными эксплуатационными характеристиками в соотношении цена/качество (рисунок 5).



Рисунок 5 – Суперпластификатор С-3

Figure5 – C-3 Superplasticizer

Пластифицирующая присадка С-3 вводится в смесь в форме водной суспензии необходимой концентрации. Состав используемого пластификатора выбирается потребителем с учетом проектных характеристик готового изделия. Эффективность действия добавки зависит от марки цемента и состава заполнителей. Применение данного пластификатора позволяет получить следующие преимущества:

- увеличение подвижности бетона до П4-П5;
- улучшение пластичности (удобоукладываемости) в 1,5 раза;
- снижение В/Ц на 25%;
- повышает прочность конструкций на 25%;
- гидроизоляционные свойства W10 и более;
- морозостойкость F300;
- сцепление смесей с арматурным каркасом увеличивается в 1,6 раза [3].

Стабилизирующие добавки. Данный вид модификаторов – это минеральные или химические соединения, предотвращающие расслаиваемость бетонной смеси. Повышают ее однородность, водоудерживающую способность (проницаемость) и способствуют улучшению прохождения материала по трубопроводам.

Бетон, изготавливаемый с применением стабилизирующих присадок, приобретает свойства самоуплотняющихся составов. Стабилизаторы снижают жесткость раствора, тем самым повышая степень его укладываемости. При введении в состав бетона стабилизирующей присадки на поверхности цементных зерен формируется «микродель», обеспечивающий создание «несущего каркаса» в цементном тесте и предотвращающий расслаивание раствора. Причем эта конструкция позволяет заполнителям легко перемещаться, что не изменяет удобоукладываемости бетона.

Такая технология позволяет укладывать смеси в густоармированные конструкции самой сложной конфигурации без использования вибраторов. Материал в период заливки самоуплотняется, выдавливая на поверхность излишки воды и вовлеченный воздух.



Рисунок 6 – Метилцеллюлоза

Picture 6 – Methylcellulose

Из отечественных известных добавок – метилцеллюлоза водорастворимая (рисунок 6). Представляет собой волокнистое белое вещество с легким желтоватым оттенком. Данное вещество позволяет легко регулировать плотность и реологические характеристики растворов, устраняет усадку и расслоение, повышает клеящую способность. Все это дает возможность транспортировать смесь по трубопроводам с сохранением всех проектных требований. Может применяться с любым типом цемента, не оказывает влияния на сроки твердения и раннюю прочность.

Воздухововлекающие модифицирующие присадки. Воздухововлекающие добавки используются для вовлечения в цементную смесь установленного объема воздуха – с целью формирования в бетоне системы закрытых и равномерно разделенных по всему объему конструкции воздушных пор.

Воздухововлекающие добавки используются для вовлечения в цементную смесь установленного объема воздуха с целью формирования в бетоне системы закрытых и равномерно разделенных по всему объему конструкции воздушных пор (рисунок 7).



Рисунок 7 – Смола нейтрализованная воздухововлекающая (СНВ)

Figure7 – Neutralised air-entrained resin (NAER)

Использование воздухововлекающих лигатур позволяет:

- получать бетон высокой морозостойкости F300 и более;
- при необходимости понизить плотность готовых изделий на 50–250 кг/м³;
- применять для приготовления легкого бетона крупнозернистый заполнитель высокой плотности или обычный кварцевый песок (взамен пористого);
- снизить расход пористых материалов, уменьшить водопотребность раствора, повысить теплофизические и деформационные свойства изделий;
- при малом содержании мелкозернистого заполнителя изготавливать изделия с монолитной однородной структурой; увеличивать подвижность бетонной смеси и тем самым сокращать время формирования изделий, увеличивать уплотнение смеси, снижать ее расслоение при доставке и укладке в формы;
- улучшать звуко- и теплоизоляционные характеристики изделий.

Весьма эффективным способом повышения морозостойкости конструкций является применение воздухововлекающих присадок (рисунок 8). Для получения бетона с высокими морозостойкими свойствами необходимо, чтобы величина зазора между соседними пузырьками воздуха не была больше 0,025 см. Поэтому для соответствующего эффекта нужен не только запланированный объем воздуха, но и создание воздушных ячеек как можно меньшего размера.



Рисунок 8 – Комплексная воздухововлекающая добавка

Figure 8 – Complex air-entraining additive

Все эти условия для повышения морозостойкости бетона помогают осуществить воздухововлекающие составы. Обычно в смеси с воздухововлекающими добавками пористая поверхность составляет 1000–2000 см²/см³, а размер самих пор – 0,005–0,1 см. При этом оптимальное количество вовлеченного воздуха должно быть 4–6% от общего объема цемента. Расход цемента может быть увеличен при снижении зернистости заполнителя [4].

Заключение

Назначение добавок очень разнообразно, а их ассортимент включает в себя более 800 разновидностей. Таким образом, выбор необходимых присадок для корректировки свойств изделий и повышения технологии изготовления железобетонных конструкций является собой невероятно сложную задачу.

Для того чтобы правильно использовать те или иные лигатуры применимо к конкретным требованиям и условиям производства, необходимо иметь осознанное представление о назначении, классификации и механизме действия модификаторов.

Библиографический список

1. ГОСТ 26333–2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 14 с.
2. ГОСТ 24211–2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2010. 12 с.
3. ГОСТ 25192–2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
4. ГОСТ Р 56592–2015 Добавки минеральные для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 11 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Майоров Алексей Геннадьевич – магистрант кафедры «Промышленное и гражданское строительство».

Нурмагомедов Шамиль Асхабалиевич – магистрант кафедры «Промышленное и гражданское строительство».

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aleksey G. Mayorov – Master's student, Civil engineering: technologies and organization of construction department.

Shamil A. Nurmagomedov – Master's student, Civil engineering: technologies and organization of construction department.

**Научный руководитель: Гурова Елена Викторовна,
канд. техн. наук, доц. кафедры ПГС ФГБОУ ВО «СибАДИ».
Scientific adviser - Elena V. Gurova, Cand. of Sci., Civil Engineering, SibADI**



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ШТУКАТУРНЫХ РАБОТ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Е. В. Мордовская, А. Б. Ивкина

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
г. Омск, Россия

Аннотация. Динамично развивающимся направлением строительной индустрии является сегодня производство штукатурных работ с применением сухих смесей. Высокая эффективность направления как в техническом, так и в экономическом отношении представляет наибольший научно-практический интерес. Применение модифицированных строительных смесей при выполнении штукатурных работ влияет на их качество и долговечность в современных условиях, исключает повышенное трещинообразование и способствует повышению прочности.

Ключевые слова: штукатурные работы, отделочные работы, сухие строительные смеси.

IMPROVEMENT OF PLASTERING TECHNOLOGY AS A RESULT OF DRY BUILDING MIXES USE

Elena V. Mordovskaya, Alina B. Ivkina

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)
Omsk, Russia

Abstract. The dynamically developing direction of the construction industry today is the production of plastering works using dry mixes. The high efficiency of the direction, both technically and economically, is of the greatest scientific and practical interest. The use of modified building mixes when performing plastering works affects their quality and durability in modern conditions, eliminating increased cracking and contributing to increased strength.

Keywords: plastering works, finishing works, dry building mixes.

Введение

В настоящее время наибольшее внимание уделяют обеспечению высокого уровня качества штукатурных работ при покрытии стеновых конструкций зданий. Качество штукатурного покрытия влияет на состояние и долговечность стеновой ограждающей конструкции. Учитывая большой выбор сухих смесей на строительном рынке, наиболее популярными остаются сухие смеси на основе цементных вяжущих. Улучшить качество цементного композита возможно, управляя процессом его структурообразования, путем введения в его состав микроразмерных компонентов с поверхностью, модифицированной наномодификаторами. В данной работе рассмотрим возможность применения микрофибры базальтовой модифицированной (МБМ) в составе сухой строительной смеси для устройства штукатурных покрытий для их совершенствования эксплуатационных характеристик.

Основная часть

В качестве исследуемых параметров выбраны следующие показатели качества затвердевшего раствора: средняя плотность, прочность при сжатии и изгибе в возрасте 28 сут твердения, деформации усадки и прочность сцепления с основанием в возрасте 28 сут твердения.

Для изготовления модифицированных сухих строительных смесей использовались следующие материалы.

В качестве вяжущего применялся портландцемент ЦЕМ I 42,5Н производства г. Новотроицка, «Южно-уральская горно-перерабатывающая компания». Портландцемент ЦЕМ I 42,5Н соответствует требованиям ГОСТ 31108–2020 и ГОСТ 30515–2013. [1]

В качестве заполнителя использовался песок для строительных работ Архиповского месторождения Оренбургской области фракции 0,16–1,25 мм. Перед использованием песок высушен до постоянной массы при температуре 100–115 °С. Насыпная плотность песка 1480 кг/м³, истинная – 2500 кг/м³, модуль крупности – 1,58.

В качестве модифицирующего компонента применялись базальтовые микроволокна производства ООО «НТЦ Прикладных нанотехнологий» (ТУ5761-014-138006242004). Средний диаметр микроволокон $d = 8\text{--}10$ мкм, длина $l = 500$ мкм. На поверхность базальтовых микроволокон методом распыления суспензии нанесены полидральные многослойные углеродные наночастицы фуллероидного типа с межслоевым расстоянием 0,34–0,36 нм и средним размером частиц 60–200 нм.

Для улучшения удобоукладываемости растворных смесей применялся суперпластификатор «Штайнберг GROS-63МС» (ТУ 5745-008-69867132–2011).

1. Для затворения смеси применяли питьевую воду, соответствующую требованиям ГОСТ23732–2011. Показатели качества затвердевшего штукатурного раствора определялись согласно стандартным методикам испытаний (таблица 1).

Таблица 1
Методы испытаний

Table 1
Test methods

Показатель качества	Метод испытания	Форма образца	Геометрические размеры и образцы, мм	Количество образцов в серии
Прочность при сжатии	ГОСТ 310.4–81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии»	куб	длина ребра 70,7	3
Прочность при изгибе	ГОСТ 310.4–81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии»	призма квадратного сечения	40x40x160	3
Плотность	ГОСТ5802–86 «Растворы строительные. Методы испытаний»	куб	длина ребра 70,7	3
Деформация усадки	ГОСТ 24544–81 «Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести»	Призм квадратного сечения	40x40x160	3
Прочность сцепления с основанием	ГОСТ 31356–2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем»	призма	50x50x10	5

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

На первом этапе готовилась сухая строительная смесь, в состав которой входили следующие компоненты: цемент, песок, МБМ. Затем после затворения сухой смеси водой с добавкой суперпластификатора перемешивание компонентов проводилось в лабораторном смесителе механического принудительного действия. [2]

После изготовления образцы хранились в формах (24±1) ч в ванне с гидравлическим затвором, обеспечивающей относительную влажность воздуха не менее 90%. По истечении указанного времени хранения образцы осторожно расформовывались и укладывались в ванну с питьевой водой в горизонтальном положении так, чтобы они не соприкасались друг с другом [3]. По истечении срока хранения образцы вынимали из воды и не позднее чем через 30 мин подвергали испытанию. С целью оценки влияния введения модифицированных микроволокон на свойства цементного раствора готовили смеси различных составов. За постоянные факторы приняты: цементно-песчаное отношение Ц: П = 1:3, водоцементное отношение В/Ц = 0,45.

Содержание суперпластификатора в смесях варьировалось с целью достижения равной подвижности марки Пк3 при постоянном водоцементном отношении. Установление подвижности марки Пк3 обусловлено требованиями ГОСТ33083–2014 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем для штукатурных работ. Технические условия». Кроме этого, варьировалось содержание МБМ в составах. За контрольный (к) был принят состав растворной смеси без содержания МБМ, с содержанием суперпластификатора в количестве 0,3% от массы цемента (таблица 2).

Таблица 2
Составы исследуемых растворных смесей на 1 м³ растворной смеси

Table 2
Compositions of the mortar mixtures tested per 1 m³ of mortar mixture

№ состава	Цемент, кг	Песок, кг	Вода, л	Суперпластификатор, % от массы Ц/кг	МБМ, % от массы Ц/кг
к	420	1260	189,00	0,3/1,26	-
1	418	1254	188,10	0,5/2,40	0,2/0,836
2	417	1251	187,60	0,6/2,50	0,4/1,672
3	415	1245	186,75	0,8/3,32	0,6/2,500

Образцы испытывались в возрасте 28 суток твердения. В результате испытаний исследуемых составов получены следующие прочностные показатели растворов (таблица 3).

Таблица 3
Прочностные характеристики исследуемых составов

Table 3
Strength properties of the test compounds

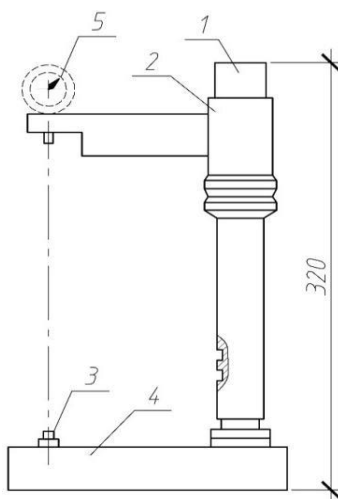
№ состава	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа		Увеличение прочности, %		Удельная эффективность, МПа/кг	
		при изгибе	при сжатии	при изгибе	при сжатии	при изгибе	при сжатии
к	2060	4,31	30,20	-	-	-	-
1	2090	5,60	31,00	30,0	2,6	1,54	0,96
2	2100	5,90	31,40	36,9	3,9	0,95	0,72
3	2118	6,40	31,90	48,5	5,6	0,84	0,68

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что введение МБМ положительно сказывается на динамике прироста прочности [4]. При этом предел прочности при изгибе увеличивается в большей мере (до 48,5%) в сравнении с тем же показателем при сжатии (до 5,6%). Увеличение предела прочности при изгибе способствует повышению трещиностойкости цементных растворов. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии модифицированных базальтовых микроволокон на структурообразование цементного камня,

уплотнение гоструктуры, в том числе и на границах раздела фаз [5]. Базальтовые микроволокна являются носителем активного вещества, а их распределение в растворной смеси обеспечивает улучшение эксплуатационных свойств цементного композита.

Помимо увеличения показателя прочности при изгибе на повышение трещиностойкости покрытия оказывает влияние деформация усадки цементного раствора [6]. Изучение характера развития деформаций усадки цементно-песчаного раствора с МБМ проводили на образцах выше указанных составов.

Для определения деформаций усадки применялось устройство УБ-40, предназначенное для измерения деформации усадки цементных образцов размерами 40x40x160 мм (рисунок).



*Рисунок 1 – Схема устройства УБ-40 (заимствовано из ГОСТ24544–81)
1 – стойка; 2 – кронштейн; 3 – конусообразный выступ; 4 – нижняя опора; 5 – индикатор*

*Figure 1 – The diagram of the UB-40 device (borrowed from GOST 24544-81)
1 – rack; 2 – bracket; 3 – is a tapered projection; 4 – lower support; 5 – indicator*

Последний отсчет деформаций усадки проводился в возрасте 98 сут твердения раствора [7], так как к указанному времени три последовательных измерения показывали приращение деформаций, не превышающее погрешность прибора. Результаты испытаний приведены в таблице 4.

*Таблица 4
Деформации усадки исследуемых составов*

*Table 4
Shrinkage strains of the test compounds*

№ состава	Деформация усадки, мм/м	Снижение деформаций усадки по сравнению с контрольным составом, %
к	1,57	-
1	0,95	-39,5
2	0,72	-54,1
3	0,64	-59,2

На основании полученных данных снижения деформаций усадки модифицированных растворов можно сделать вывод о том, что МБМ в растворной смеси выполняет роль «компенсаторов напряжений», что способствует получению структуры раствора, способной противостоять действиям усадочных деформаций [8]. Согласно ГОСТ 33083–2014 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем для штукатурных работ. Технические условия» деформация усадки затвердевшего штукатурного раствора не должна превышать 1 мм/м. Таким образом, растворы исследуемых составов соответствуют нормативным требованиям [9].

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

В работе также определялась прочность сцепления раствора с основанием. В качестве основания применялся рядовой керамический полнотелый кирпич, соответствующий требованиям ГОСТ530–2012. Результаты испытаний представлены в таблице 5.

С увеличением дозировки МБМ в составах незначительно увеличивается прочность сцепления раствора с основанием. Это также обусловлено улучшением процесса структурообразования цементного камня на границе раздела фаз. В целом прочность сцепления с основанием растворов всех исследуемых составов позволяет рекомендовать их для оштукатуривания стен.

Таблица 5
Прочность сцепления с основанием растворов исследуемых составов

Table 5
Bond strength of the mortars tested

№ состава	Сцепление с основанием, МПа
к	2,5
1	2,7
2	2,9
3	3,0

Заключение

Таким образом, анализ полученных результатов исследования показывает, что введение в сухую строительную смесь модифицированных базальтовых микроволокон является эффективным и обоснованным. Введение МБМ влияет на процесс структурообразования цементного камня, что способствует получению более плотной структуры раствора и приводит к повышению прочностных характеристик. При расходе МБМ 1 % от массы цемента прочность раствора при сжатии увеличивается более, чем на 5%, и согласно ГОСТ33083–2014 соответствует классу по прочности на сжатие КРІV.

Уменьшение усадочной деформации растворов с МБМ, а также повышенная прочность на растяжение при изгибе позволяют прогнозировать снижение интенсивности образования усадочных трещин при твердении и повышение эксплуатационных характеристик штукатурных растворов.

Библиографический список

1. ГОСТ 31108–2020 Цементы общестроительные. Технические условия – Введ. 2021-03-01.
2. Меньшикова В. К. Ассортимент и качество строительных материалов и изделий: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. 216 с.
3. Горшков П. С., Несмеянов Н. П. Новые способы комплексного снижения энергетических затрат при получении сухих строительных цементных смесей // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2012. № 2. 49 с.
4. Олейник П. П., Казарян Р. Р., Бушуев Н. И. Методы организации строительства и производства строительно-монтажных работ: учебное пособие. Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2020.
5. Макеева А. А., Кравцов А. И., Рубцова В. Н., Турчанинов В.И., Шевцова Т.И. Исследование свойств строительных материалов: учебное пособие. Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2015. 200 с.
6. СП 71.13330.2017 Изоляционные и отделочные покрытия. – Введ. 2017-08-28.
7. Красовский П. С. Новые строительные материалы и технологии: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2 / сост. П.С. Красовский. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2020. 205 с.
8. Макаров Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. М.: Машиностроение, 1973. 216 с.
9. ГОСТ 33083–2014 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем для штукатурных работ. Технические условия – Введ. 2015-07-01.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Елена Викторовна Мордовская – магистр.

Алина Борисовна Ивкина – магистр.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Elena V. Mordovskaya – Undergraduate student, Civil Engineering: technology and organization of construction.

Alina B. Ivkina – Undergraduate student, Civil Engineering: technology and organization of construction.

**Научный руководитель: Ращупкина Марина Алексеевна,
канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «СибАДИ»
Scientific advisor: Marina A. Rashchupkina, Cand. of Sci., Senior lecturer,
Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)**



РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Ш. А. Нурмагомедов, А. Г. Майоров

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
г. Омск, Россия*

Аннотация. В статье рассматривается проблематика разработки модели производства строительно-монтажных работ. Обосновывается потребность реализации направлений инновационного развития в строительстве в современных условиях, систематизируются функции и элементы модели производства строительно-монтажных работ, описывается воздействие на очередность проведения строительно-монтажных работ, что должно быть отражено в модели производства. В результате исследования делается вывод о большой роли модели производства строительно-монтажных работ не только в сфере строительства, но и контроля.

Ключевые слова: строительно-монтажные работы, модель производства, организация контроля.

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORKS PRODUCTION

48

Shamil A. Nurmagomedov, Aleksei G. Mayorov

*Siberian State Automobile and Road University (SibADI)
Omsk, Russia*

Abstract. The article discusses the problems of developing a model for the production of construction and installation works. The need to implement the directions of innovative development in construction in modern conditions is substantiated, the functions and elements of the construction and installation work production model are systematized, the impact on the order of construction and installation work is described, which should be reflected in the production model. As a result of the study, the conclusion is made about the great role of the model for production of construction and installation works not only in the field of construction, but also control.

Keywords: construction and installation works, production model, organization of control.

Введение

Осуществление строительно-монтажных работ представляет собой технологическую последовательность действий, взаимосвязанных между собой. При этом, как справедливо отмечают Е. В. Гусев и А. В. Голлай, в настоящее время существует проблема отсутствия глубоких системных научных исследований проблематики определения количественных соотношений между взаимосвязанными структурными элементами строительно-монтажных работ, определяемых в современных условиях в графиках строительства объекта, а также частично в технологических графах в соответствии с принятыми ранее организационными решениями [1]. Указанные факторы обусловили актуальность разработки модели производства строительно-монтажных работ, которая бы обеспечила решение указанной проблемы.

Основная часть

Строительная отрасль – один из наиболее динамично развивающихся секторов экономики нашей страны. Приоритетным направлением деятельности большинства строительных компаний является жилищное строительство, поскольку заинтересованность населения в приобретении объектов жилой недвижимости постоянно возрастает.

Рынок строительных услуг испытывает циклические подъемы и спады, которые в первую очередь обуславливаются нестабильностью экономической среды. Экономические кризисы оказывают влияние на траекторию развития всей строительной отрасли [2]. Финансовый кризис 2014–2015 гг., а затем и кризис 2020–2021 гг., обусловленный пандемией коронавирусной инфекции, привели, с одной стороны, к повышению цен на недвижимость в связи с увеличением затрат на строительные материалы и транспортные расходы.

С другой стороны, сокращение числа заказчиков в строительной отрасли и снижение платежеспособности потенциальных покупателей повлекло за собой снижение темпов строительства. Период повышенного спроса на жилье в начале кризиса сменяется периодом пониженной активности населения. Это не значит, что население перестало нуждаться в улучшении своих жилищных условий.

В это время начинают действовать новые программы государственной поддержки в сфере ипотечного кредитования, которые были призваны оказать помощь разным слоям населения при покупке жилья и в то же время позволили строительным компаниям укрепить свои позиции для дальнейшего устойчивого развития.

В последние годы все более активно население заключает договоры о долевом участии в строительстве, стремясь сохранить свои сбережения и купить жилье у застройщика по более выгодной цене на стадии начального этапа строительства. В настоящее время около 80% вводимого жилья в эксплуатацию строится на деньги дольщиков.

Положение строительных компаний усугубляется введением новых законопроектов. Это и страхование ответственности застройщиков, и формирование уставного капитала, и переход на новую форму инвестирования строительного сектора, которая никогда ранее не работала в полной мере в нашей стране.

Правительство задало новый вектор развития строительной отрасли: отказ от прямого привлечения средств населения для строительства объектов жилой недвижимости и переход к проектному финансированию.

В целях защиты прав граждан в течение трех лет (2020–2022 гг.) должен быть осуществлен переход на новую систему финансирования строительной отрасли, теперь застройщики будут брать кредиты у банков под определенный процент. Население по-прежнему сможет покупать жилье на этапе строительства, заключая трехсторонний договор между покупателем, застройщиком и банком. Но застройщик не сможет воспользоваться деньгами покупателей, пока не выполнит свои обязательства.

В крупных компаниях проектное финансирование будет способствовать сокращению сроков строительства: чем быстрее объект будет введен в эксплуатацию, тем меньше платить процентов по кредиту.

В то же время новые условия приведут к увеличению затрат на строительство и, как следствие, к повышению стоимости жилья, а некоторые мелкие строительные организации, которые не смогут получить заем у банков, и вовсе уйдут с рынка.

Для обеспечения конкурентоспособности перед строительными компаниями ставится задача поиска оптимальных технологических решений, способствующих укреплению позиций компании на рынке строительных услуг.

Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ разработан проект «Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года». Основной акцент в этом проекте делается на внедрение в строительную отрасль инноваций, которое предполагает использование биотехнологий, информатики и нанотехнологий в сфере строительства [3]. В работе [4] определены основные инновационные направления строительной отрасли (рисунок 1).

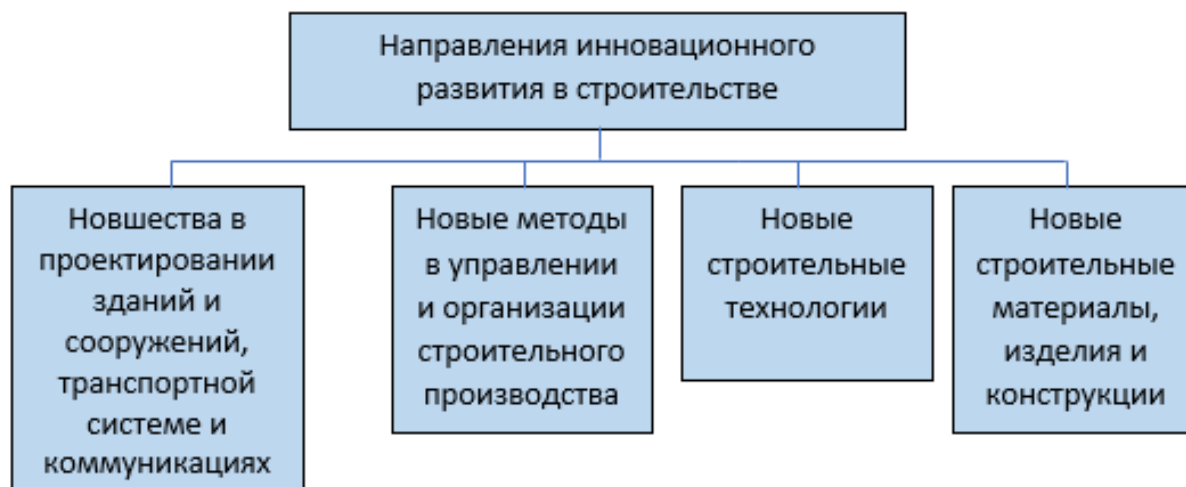


Рисунок 1 – Основные направления инновационного развития в строительстве

Figure 1 – Main directions of innovative development in construction

В условиях инновационного развития в сферах строительного производства и управления возрастает роль информационных технологий, позволяющих наиболее эффективно использовать природные и материальные ресурсы. Крайне высокая конкуренция среди производителей создает предпосылки для усовершенствования технологий производства, разработки и внедрения новых технологических процессов.

Новые потребности активизируют развитие технологий, ориентированных на использование компьютеров.

Успех решения задачи с помощью компьютера определяется в большей степени навыками владения методами математического моделирования, которое является инструментом решения различных прикладных задач, позволяющих исследовать свойства и особенности функционирования реального объекта, а также осуществить выбор наилучшего варианта действий из многих возможных.

В строительной практике на основе математического моделирования решаются задачи теоретической механики и механики деформируемого твердого тела, задачи теплопроводности, механики жидкости и некоторые простые технологические и экономические задачи [5, 6], одной из которых является моделирование производства строительного-монтажных работ.

Функции и элементы модели производства строительного-монтажных работ представлены в таблице.

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Таблица
Функции и элементы модели производства строительно-монтажных работ [7]

Table
Functions and elements of the construction and installation work model [7]

№ п/п	Функции и элементы модели производства строительно-монтажных работ	Основа моделирования
1	Подготовка информации для организации, планирования и управления строительством, определение порядка строительства объектов и их ввода в эксплуатацию	Данная информация основана на принятых архитектурных и конструктивных решениях
2	Определение сроков выполнения строительно-монтажных работ. Предусмотреть строгую технологическую последовательность их выполнения и совмещения (увязки)	Согласно утвержденным нормативам. Календарное планирование
3	Определение видов ресурсов, необходимых для строительства, в том числе трудовых и материально-технических	На основании объемов строительно-монтажных работ
4.1	Разработка моделей возведения зданий и сооружений	На основании принятых архитектурных и конструктивных решений
4.2.	Выбор общей организационно-технологической схемы строительства	В модели производится выбор общей организационно-технологической схемы строительства зданий и сооружений в составе предприятия или комплекса и организационно-технической схемы возведения отдельных основных зданий и сооружений, входящих в их состав
5.1.	Выбор организационно-технологических схем	Учет основных принципов (см. рисунок 3)
5.2.	Выбор методов организации строительства	Организационно-технологическая схема возведения отдельного здания (сооружения) устанавливает последовательность его возведения по частям (узлам, секциям, пролетам, ячейкам, этажам, ярусам, производственным отделениям, участкам, цехам и т. д.) в зависимости от технологической схемы производственного процесса или другой функциональной системы, строительных решений и принятых методов производства строительно-монтажных работ
6.	Создание информационной базы для обеспечения строительства всеми необходимыми ресурсами и организации строительного контроля	

В результате анализа, приведенного в таблице, можно сделать вывод об установлении в общей организационно-технической схеме очередности проведения строительно-монтажных работ в отношении объектов основного производственного, подсобного и обслуживающего назначения, энергетического и транспортного хозяйства и связи, наружных сетей водоснабжения, канализации, теплоснабжения и газоснабжения, благоустройства территории в зависимости от ряда факторов, которые отражены на рисунке 2.

Для реализации избранного варианта необходимо осуществить определенные функции (мероприятия) – организовать реализацию модели производства строительно-монтажных работ, проконтролировать ход ее реализации, скоординировать действия различных участников и т.п. Определение управления как процесса, который состоит из отдельных функций (мероприятий), – одно из самых традиционных и известных в науке управления, в соответствии с которым весь процесс управления как бы составлен из подпроцессов (распадается на такие функции):

- планирование и прогнозирование (постановка целей и выработка программ действий по их достижению, изучение будущего);
- организация (создание социальных, организационных и технологических структур, которые обеспечивают достижение намеченных целей);

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

- руководство (распоряжение), другими словами, приведение в действие;
- координирование (согласование работы отдельно взятых участников деятельности);
- контроль (наблюдение за исполнением предусмотрено их распоряжениями и правилами).



Рисунок 2 – Факторы, определяющие очередность проведения строительно-монтажных работ

Figure 2 – Factors determining the order of construction and installation works

Реализация управленческих функций в рамках модели производства строительно-монтажных работ должна соответствовать основным принципам, которые представлены на рисунке 3.

52

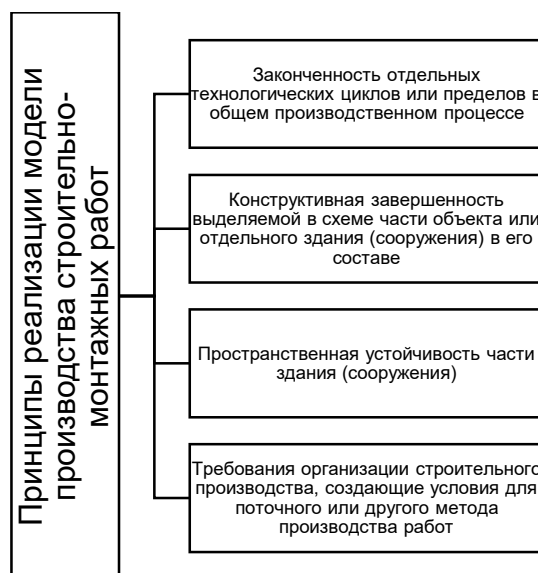


Рисунок 3 – Принципы реализации модели производства строительно-монтажных работ

Figure 3 – Principles of implementation for the model of construction and installation works

В этой связи можно говорить о распределении взаимной связи между функциями управления в рамках реализации модели производства строительного-монтажных работ по схеме, отраженной на рисунке 4. Планирование осуществления строительного-монтажных работ непосредственным образом влияет на функцию организации процесса реализации модели производства строительного-монтажных работ. Именно на этом этапе начинается активное параллельное использование таких управленческих функций, как руководство и контроль. При этом процессы контроля реализации модели производства строительного-монтажных работ тесно связаны с процессами координации, которая имеет двухстороннюю связь с функцией руководства.

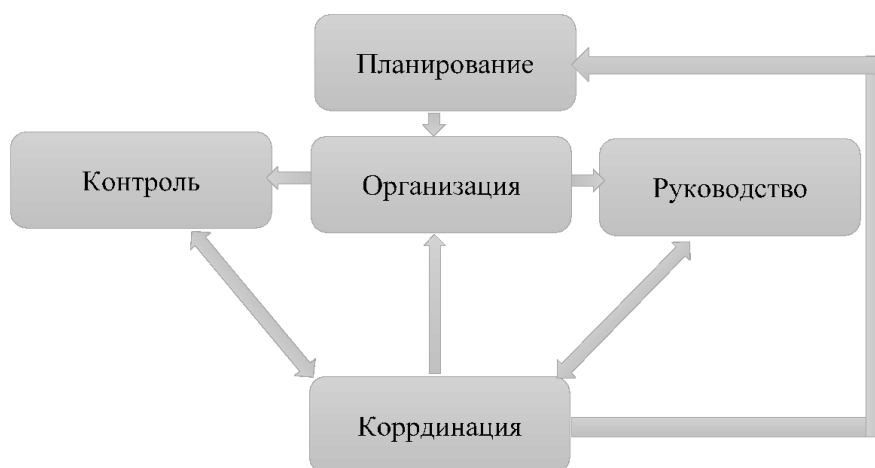


Рисунок 4 – Взаимодействие основных управленческих функций при реализации модели производства строительного-монтажных работ

Figure 4 – Interaction of the main management functions in the implementation of the model for construction and installation works

Указанный механизм обуславливает практическую значимость использования модели производства строительного-монтажных работ

Заключение

Таким образом, модель производства строительного-монтажных работ имеет большое практическое значение, поскольку предопределяет эффективное использование различных управленческих функций в строительной отрасли.

Библиографический список

1. Гусев Е. В., Голлай А. В. Управление строительством объекта на основе моделирования технологии строительства объекта // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2021. № 4. С. 156–166.
2. Тихонова О. В. Увеличение доходности строительной компании в условиях экономической нестабильности // Системные технологии. 2016. № 2(19). С. 52–58.
3. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года. М., 2015 [нормативно-правовой акт]. Режим доступа: https://stroi.mos.ru/uploads/user_files/files/str_2030.pdf. (дата обращения: 24.11.2021).
4. Коренюгина И. В. Основные направления инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по матер. XLVIII междунар. науч.-практ. конф. № 7(41). Новосибирск: СибАК, 2017. С. 63–70.
5. Математическое моделирование в строительстве: учебно-методическое пособие / сост. Иванова С.С. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2012. 100 с.
6. Сидоров В. Н. Математическое моделирование в строительстве: учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2007. 336 с.

7. Шарапова М. А., Байхонов М. А., Давлатов А. Д. Модели организационно-технологического проектирования при выборе вариантов производства строительного-монтажных работ // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. 2019. С. 186–189.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Нурмагомедов Шамиль Асхабалиевич – магистрант.

Майоров Алексей Ганнадьевич -магистрант.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Shamil A. Nurmagomedov – master's student.

Aleksey G. Mayorov – master's student.

**Научный руководитель: Чулкова Ирина Львовна,
д-р. техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ»
Scientific advisor – Irina L. Chulkova, Dr. of Sci., SibADI**



РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ОРГАНИЗАЦИИ И ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПУСТОТНЫХ ПЛИТ ПО ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ

Н. С. Шаховал, Т. С. Лавневич

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),
г. Омск, Россия

Аннотация. Приведен краткий обзор конструктивных решений плит перекрытия, изготавливаемых по технологии безопалубочного формования. На основе определенных норм времени на выполнение отдельных технологических операций разработан календарный план и установлено максимальное количество изготавливаемых плит за смену бригадой рабочих. Определена стоимость производства. Произведено сравнение данных показателей с агрегатно-поточной технологией изготовления.

Ключевые слова: технология безопалубочного формования, серии плит марки ПБ, календарное планирование производства, сравнительная стоимость изготовления.

SOLVING THE ISSUES OF ORGANIZING AND PLANNING THE PRODUCTION OF HOLLOW CORE SLABS USING THE TECHNOLOGY OF FORMLESS MOLDING

Nikita S. Shakhoval, Timofei S. Lavnevich

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)
Omsk, Russia

Abstract. A brief review of the design solutions for floor slabs produced using the formless molding technology is given. On the basis of the certain norms of time for the individual technological operations, a calendar plan was developed and the maximum number of plates produced per shift by a team of workers was established. The cost of production has been determined. The comparison of these indicators with aggregate-flow manufacturing technology was made.

Keywords: formworkless molding technology, series of ПБ grade boards; production scheduling; comparative manufacturing cost.

Введение

Технология безопалубочного формования плит перекрытий и покрытий была разработана в 60-е годы XX в. рядом иностранных фирм (Spiroll из Канады, Partex из Финляндии и т.д.) и получила широкое распространение по всему миру [1, 2, 3]. В СССР данная технология появилась в конце 70-х годов и на основе возможностей технологии того времени в 1984 г. была разработана типовая серия пустотных плит высотой 220 мм, длиной от 2400 до 9000 мм, шириной от 600 до 1500 мм (номинальные размеры) с несущей способностью от 100 до 1110 кг/м², применяемых для гражданских и промышленных зданий различного назначения, с опиранием на несущие стены либо элементы каркаса (рисунок 1). Плиты имели удельный собственный вес 400 кг/м² [4].

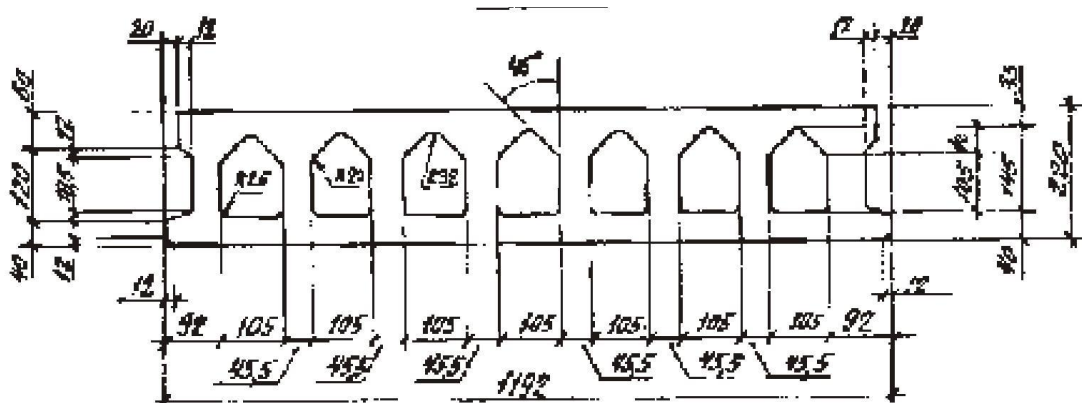


Рисунок 1 – Сечение плиты шириной 1200 (пример) по типовой серии 0-312

Figure 1 – The section of the plate with a width of 1200 (example) according to 0-312 series standard

В 90-е и начале 2000-х в России после обновления оборудования появились новые конструктивные решения плит высотой 220 мм с закругленными пустотами длиной от 2400 до 9000 мм [5, 6]. Новое конструктивное решение отличалось от предыдущего увеличением объема пустот и, соответственно, уменьшением расхода бетона и собственного веса изделий (рисунок 2). Согласно типовой серии ИЖ-568-3, ИЖ-568-4, ИЖ-738, ИЖ-840 собственный вес изделий составляет 296 кг/м². Панели рассчитаны под полезную нагрузку от 300 до 1600 кг/м² и предназначены для использования в гражданском строительстве (жилые и общественные здания) [7, 8].

В середине 2000-х появилась серия плит высотой 300 мм (серия ИЖ-745). Увеличение высоты позволило увеличить пролет плит до 12 м, при этом максимальная полезная нагрузка достигает 800 кг/м², а при пролетах до 7,7 м достичь полезной нагрузки 2100 кг/м² (рисунок 3). При такой несущей способности данные плиты можно применять в промышленном строительстве [9].

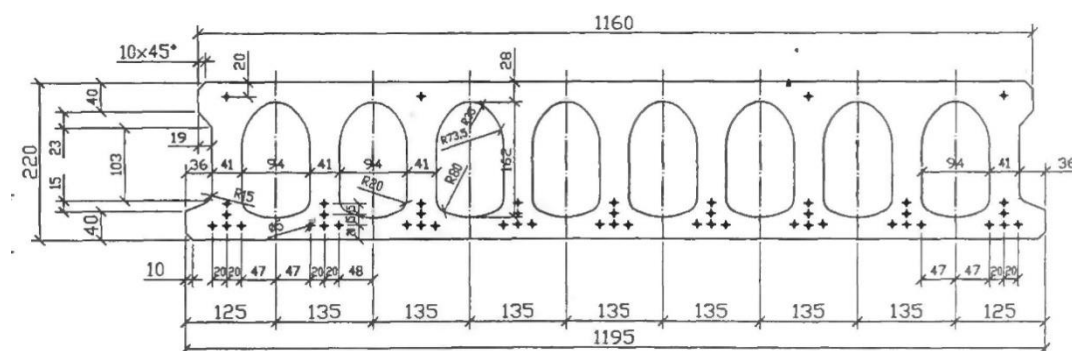


Рисунок 2 – Сечение плиты шириной 1200 (пример) по типовой серии ИЖ-840

Figure 2 – The section of the plate with a width of 1200 (example) according to IZH-840 series standard

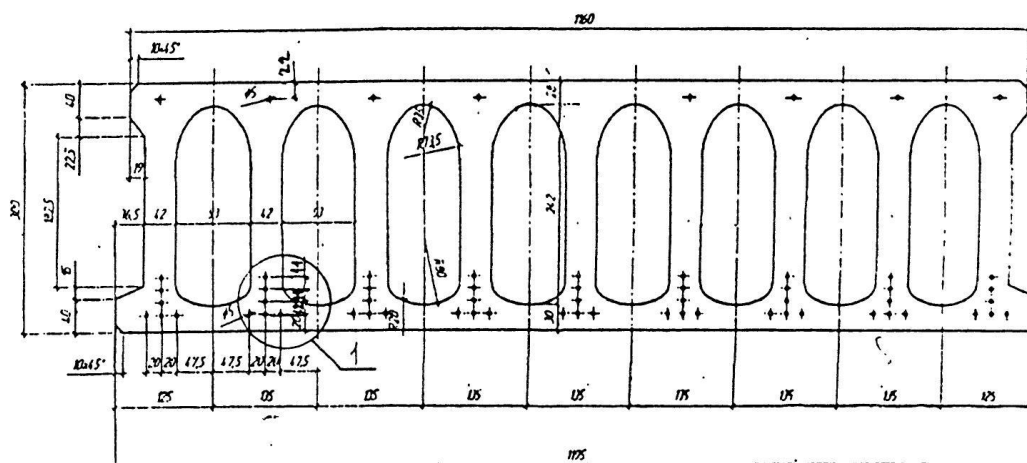


Рисунок 3 – Сечение плиты шириной 1200 (пример) по типовой серии ИЖ-745

Figure 3 – The section of the plate with a width of 1200 (example) according to IZH-745 series standard

В последние годы появились новые конструктивные решения, не относящиеся к официально принятым серийным, и, чаще всего, описанные только в технических условиях, прилагаемых к поставляемому оборудованию. При этом по своим техническим характеристикам они не существенно отличаются от серийных решений.

В наших исследованиях мы рассмотрели технологию изготовления плит с использованием оборудования фирмы Elematic (Финляндия). Конструкция плиты представлена на рисунке 4.

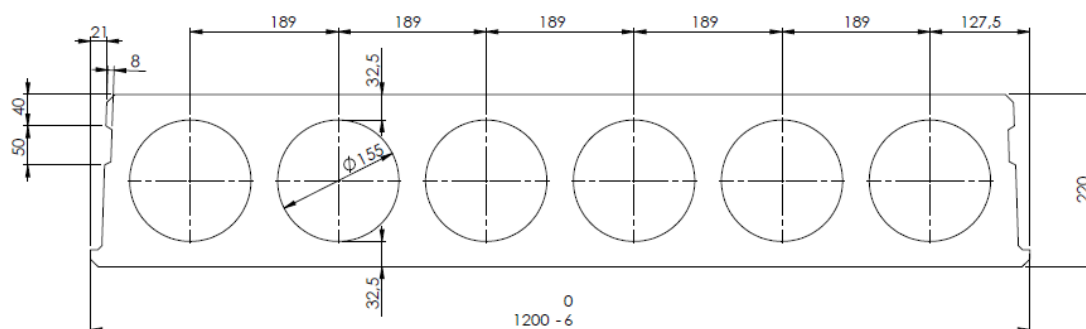


Рисунок 4 – Форма сечения плиты, изготавливаемой экструдером фирмы Elematic (Финляндия)

Figure 4 – The cross-section shape of the plate manufactured by the extruder company Elematic (Finland)

Основная часть

Технологический процесс изготовления конструкции по данной технологии включает следующие этапы:

1. Подготовка производственных дорожек.
2. Распределение и анкерка арматурных прядей и проволоки, натяжение арматурных прядей и проволоки.
3. Бетонирование дорожки.
4. Мойка формующей машинки.
5. Термообработка.
6. Подготовка ленты к резке.
7. Расслабление арматурных прядей и проволоки.
8. Раскрой монолита на плиты.
9. Распалубка, доводка, отгрузка изделий.

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Одной из основных задач исследований было установление норм времени, позволяющих определить продолжительность операций, численности и состава рабочих, выполняющих операции, и на основе установленных параметров решить вопросы планирования производства, позволяющие наиболее эффективно использовать оборудование.

По результатам научных исследований нами были установлены нормы времени и, соответственно, продолжительности выполнения операций, на основе которых была составлена калькуляция трудозатрат на изготовление плиты по технологии безопалубочного формования с применением комплекта оборудования фирмы Elematic (Финляндия).

На основе составленной калькуляции установлено, что продолжительность изготовления ленты длиной 90 м составляет 22 ч 33 мин, в том числе продолжительность выполнения основных работ 6 ч 28 мин. При этом удельные трудозатраты ручного труда на 1 плиту длиной 6 м составляют 20,2 мин, затраты машинного времени 21,7 мин.

Для сравнения: при агрегатно-поточной технологии общая продолжительность изготовления 1 плиты 15 ч 57 мин, в том числе продолжительность выполнения основных работ 57 мин. При этом удельные затраты ручного труда составили 1 ч 33 мин, а затраты машинного времени 41,4 мин.

По полученным данным можно установить максимальную производительность одного комплекта оборудования, ведущие операции, максимальное количество дорожек. В случае расширения производства установить наиболее рациональное увеличение количества оборудования. Для решения вопросов планирования разрабатывается календарный план.

Согласно разработанному графику (рисунок 5) установлено, что для изготовления плиты используется бригада из 6 чел. и комплект из 4 машин, в том числе 3 машины импортные (универсальная машина Бетмастер, экструдер и машина для распиловки плит) и существующий на предприятии мостовой кран.

№	Наименование работ	Машины и механизмы		Рабочие		Прод-сть мин	1 смена							2 смена							3 смена								
		Марка	Кол-во	Состав звена	Кол-во		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Дорожка №1	9	10	11		12																							
1	Подготовка производственных дорожек	Машина «Бетмастер»	1	Машинист бр-1		30																							
2	Распределение и анкеробка арматуры	Машина «Бетмастер»	1	Машинист бр-1	1	65																							
3	Бетонирование формочной дорожки	Экструдер Е9, Кран		Машинист бр,	2	90																							
4	Мойка формирующей машины	Мощная машина	1	Стропальщики 3 р.	1	20																							
5	Термосработка	Оборудование дорожек	1	Рабочий 2 р.	1	965																							
6	Подготовка ленты к резке	Оборудование дорожек	1	Рабочий 2 р.	1	18																							
7	Отпуск и обработка арматуры	Инструменты рабочих		Арматурщик 3 р.	1	10																							
8	Разрезание ленты	Пила EL 1100 / 1500	1	Машинист бр.	1	71																							
9	Транспортировка готовых плит	Мостовой кран г.п.10 т		Стропальщики 3 р.	2	90																							
	Дорожка №2																												
1	Подготовка производственных дорожек	Машина «Бетмастер»	1	Машинист бр-1		30																							
2	Распределение и анкеробка арматуры	Машина «Бетмастер»	1	Машинист бр-1	1	65																							
3	Бетонирование формочной дорожки	Экструдер Е9, Кран		Машинист бр,	2	90																							
4	Мойка формирующей машины	Мощная машина	1	Стропальщики 3 р.	1	20																							
5	Термосработка	Оборудование дорожек	1	Рабочий 2 р.	1	965																							
6	Подготовка ленты к резке	Оборудование дорожек	1	Рабочий 2 р.	1	18																							
7	Отпуск и обработка арматуры	Инструменты рабочих		Арматурщик 3 р.	1	10																							
8	Разрезание ленты	Пила EL 1100 / 1500	1	Машинист бр.	1	71																							
9	Транспортировка готовых плит	Мостовой кран г.п.10 т		Стропальщики 3 р.	2	90																							

Рисунок 5 – Календарный план на изготовление бетонной дорожки

Figure 5 – The calendar plan for the production of a concrete track

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

№	Наименование работ	Машины и механизмы		Рабочие		Прод-сть мин	1 смена								2 смена								3 смена							
		Марка	Кол-во	Состав збена	Кол-во		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Форма №1																													
1	Подготовка форм (очистка, смазка)	Металлическая форма	1	расформовщик		7,3																								
2	Армирование	Мостовой кран г.п.10 т	1	формовщ. ЖБИ	2	8,88																								
3	Укладка и уплотнение бетонной смеси	Вибростол, кран	1	формовщ. ЖБИ	2	14,28																								
4	Тепловая обработка	Пропарочная камера	1	расформовщик	1	902																								
5	Распалубка	Мостовой кран г.п.10 т	1	расформовщик	2	15,04																								
6	Транспортировка готовых плит					7																								
	Форма №2																													
	Форма №3																													
	Форма №4																													
	Форма №5																													
	Форма №6																													
	Форма №7																													
	Форма №8																													
	Форма №9																													
	Форма №10																													
	Форма №11																													
	Форма №12																													
	Форма №13																													
	Форма №14																													
	Форма №15																													
	Форма №16																													

Рисунок 6 – Календарный план на изготовление плиты по агрегатно-поточной технологии

Figure 6 – The calendar plan for the production of the plate according to the aggregate-flow technology

При этом за смену данная бригада успевает выполнить комплекс работ по полному изготовлению плит на 2 дорожках. При стандартной длине плиты 6 м, общая выработка бригады составляет 32 плит/смена.

При агрегатно-поточной технологии изготовления переход бригады (рисунок 6), состоящей из 7 чел., с одной формы на другую происходит через 30 мин, следовательно, за смену 1 бригада при поточной организации труда способна изготовить 16 плит, что в два раза меньше, чем при технологии безопалубочного формования.

Расчеты показали, что себестоимость изготовления круглопустотной плиты размером 5980x1480x220 мм по технологии безопалубочного формования в базисных ценах 2000 г. составляет 1057,65 руб./шт в том числе на производство 175,48 руб, что составляет 16% от себестоимости. Основную часть себестоимости определяют стоимость бетона (60%) и арматуры (24%). В текущих ценах составляет 6763,61, а с учетом НДС (20%) составляет – 8116,34 руб.

Для сравнения: себестоимость круглопустотной плиты размером 5980x1480x220 мм по агрегатно-поточной технологии в базисных ценах 2000 г. составляет 1261,2 руб./шт, что на 19,2% выше чем по технологии безопалубочного формования. При этом структура затрат несколько отличается от другого варианта (рисунок 4).

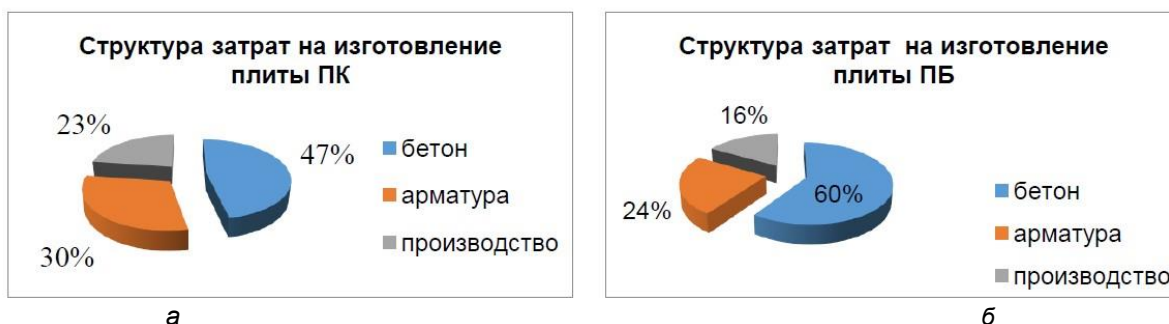


Рисунок 7 – Структура затрат на изготовление плиты:
а – по агрегатно-поточной технологии изготовления
б – по безопалубочной технологии изготовления

Figure 7 – The cost structure for the production of the plate:
a - according to the aggregate-flow manufacturing technology
b – according to the non-formwork manufacturing technology

Несмотря на использование более дешевого отечественного оборудования прямые затраты на производство увеличиваются в 1,6 раза. Одним из основных дополнительных статей расхода, увеличивающим прямые затраты на производство, является опалубка, оборачиваемость которой составляет около 1000 крат, соответственно, затраты на ее использование составляют около 4,4% от всех затрат. Кроме того, конструкция плиты, изготавливаемой по агрегатно-поточной технологии по типовой серии 1.141, предусматривает значительное количество конструктивной арматуры, поэтому металлоемкость данной плиты в 1,8 раз больше, а с учетом дополнительной стали, необходимой для замены опалубка, общая металлоемкость производства увеличивается более чем в 2 раза. Следует также отметить, что при агрегатно-поточной технологии в самом производстве практически на каждом этапе задействованы рабочие, поэтому с учетом коэффициентов удорожания на 3 квартал 2019 г. разница между себестоимостью плит по безопалубочной технологии изготовления и агрегатно-поточной увеличивается и составляет 25,2%.

Заключение

Разработанный на основе установленных норм времени календарный план показал высокую эффективность технологии безопалубочного формования, позволившую уменьшить удельные трудозатраты и себестоимость изготовления многпустотных плит.

Библиографический список

1. Баженов Ю. М., Алимов В. В. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. М.: Издательство АСВ, 2004. 256 с., с ил.
2. Заренков В. А. Современные конструктивные решения, технологии и методы управления в строительстве (отечественный и зарубежный опыт) / В. А. Заренков, А. Ю. Панибратов. СПб.: Стройиздат, 2000.
3. Ли В. А. Зарубежное оборудование для непрерывного формования железобетонных конструкций. Обзорная информация. М.: ЦНИИ ТЭстроймаш, 1978. 55 с.
4. Альбом 0-312 Плиты рядовые железобетонные многпустотные предварительно напряженные стенового безопалубочного формования высотой 220 мм, для перекрытий и покрытий многоэтажных жилых, общественных и производственных зданий Вып. 0...9. Введен 01.07.1984. 24 с.
5. Малышев А. А. Современные линии безопалубочного формования // Каталог-справочник. Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. 2009. Вып. 1. С. 20–23.
6. Копша С. П., Заикин В. А. Технология безопалубочного формования – ключ к модернизации промышленности и снижению себестоимости жилья // Технологии бетонов. 2013. № 11. С. 29–33.
7. Альбом ИЖ 568-3 Плиты перекрытий железобетонные многпустотные предварительно напряженные стенового безопалубочного формования высотой 220 мм, шириной 1200 мм. Введен 10.08.1999.

8. Альбом ИЖ 840 Плиты перекрытий железобетонные многопустотные предварительно напряженные стендового безопалубочного формования высотой 220 мм, шириной 1200 мм, армированные высокопрочной проволокой Вр1400 (Вр-II), М., 2008 г.

9. Альбом ИЖ 745-01. Плиты перекрытий железобетонные многопустотные предварительно напряженные стендового безопалубочного формования высотой 300 мм, шириной 1200 мм, армированные высокопрочной проволокой класса Вр-II (для ООО «Домостроительный комбинат № 2»). Рабочие чертежи. М.: ГУП «НИИМосстрой», 2005. 15 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шаховал Никита Сергеевич – магистр «Промышленное и гражданское строительство».

Лавневич Тимофей Саакович – магистр «Промышленное и гражданское строительство».

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikita S. Shakhoval – Undergraduate student, Civil engineering: technology and organization of construction.

Timofei S. Lavnevich – Undergraduate student, Civil engineering: technology and organization of construction»

**Научный руководитель: Чулкова И.Л., д-р техн. наук, проф.,
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ).
Scientific advisor: Irina L. Chulkova, Dr. of Sci., Professor
Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)**