

8. **Bakholdin, B. V.** (2003) Piled-Raft Foundations. *Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov* [Bases, Foundations and Soil Mechanics], 5, 24–27 (in Russian).

9. **Sernov, V. A.** (2009) Efficient Designs of Piled Foundations with Bearing Rafts. *Perspektivy Razvitiia Novykh Tekhnologii v Stroitel'stve i Podgotovke Inzhenernykh Kadrov Respubliki Belarus'*. Sb. Nauch. tr. XVI Mezhdunar. Nauch. Metodich. Seminara. Ch. II [Prospects for Development of New Technologies in Construction and Training Engineering

Personnel in the Republic of Belarus. Collection of Research Papers of the XVIth International Scientific and Methodical Seminar. Part. II. Brest: Brest State Technical University, 174–178 (in Russian).

10. **P5.01.015.05.** *Recommendations on Calculation of Piled Foundations with Bearing Rafts*. Minsk: BNTU [Belarusian National Technical University], 2005. 24 p. (in Russian).

Поступила 28.01.2015

УДК 624.05

МОБИЛЬНЫЕ РАСТВОРОБЕТОННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Докт. техн. наук, проф. **ЛЕОНОВИЧ С. Н.¹⁾**, асп. **ОЛЬГОМЕЦ А. И.¹⁾**,
инж. **ГУРИНОВИЧ В. Ю.¹⁾**, асп. **КАРПОВИЧ С. Л.²⁾**

¹⁾Белорусский национальный технический университет,

²⁾ООО «Випротех»

E-mail: sleonovich@mail.ru

В статье рассмотрены основные преимущества и недостатки мобильных растворобетонных установок в сравнении со стационарными бетоносмесительными узлами. Основной смысл мобильности заключается в возможности быстрого передвижения. Это, в свою очередь, накладывает некоторые ограничения на весогабаритные характеристики бетоносмесительного оборудования. Однако применительно к бетоносмесительному оборудованию и стройке в целом понятие мобильности рассматривается в виде трех составляющих: минимальные затраты на подготовку площадки под монтаж растворобетонной установки, удобство транспортировки, сокращение сроков монтажа и пусконаладки оборудования. Для этого технологическая цепочка по выпуску бетонных и растворных смесей делится на отдельные законченные операции. Далее проектируются модули, которые выполняют данные операции. Каждый модуль проектируется по размеру морского контейнера – для удобства транспортировки. Предусматриваются разъемные соединения на месте стыковки модулей, для электропроводки и трубопроводов подачи воды и химических добавок, а также пневматики. Эти соединения в последующем позволяют сократить время монтажа и демонтажа оборудования на объекте.

Представлен мобильный растворобетонный узел блочно-модульной компоновки, разработанной в БНТУ в рамках Государственной научно-технической программы, изготовленный на производственных мощностях ООО «Випротех» и успешно внедренный в производство. Одно из перспективных направлений – использование мобильных растворобетонных установок, размещаемых и эксплуатируемых непосредственно на объектах строительства. Их экономическая эффективность растет с увеличением расстояния до ближайшего стационарного растворобетонного узла, а также объемов бетонирования. Мобильные растворобетонные установки ориентированы главным образом на строительные организации, возводящие объекты вдали от городской инфраструктуры и транспортных сетей: мосты, дамбы, магистрали, транспортные развязки. При сохранении тех же объемов производства бетона такие установки находятся в непосредственной близости от строительного объекта и с помощью специальных бетононасосов могут подавать нужные растворы прямо на объект.

Ключевые слова: бетон, бетоносмесительный модуль, бетоносмесительная установка, мобильность, растворобетонный узел, склад цемента, силос.

Ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

MOBILE MORTAR CONCRETE PLANTS FOR BUILDING COMPLEX OF BELARUS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

LEONOVICH S. N.¹⁾, OLGOMETS A. I.¹⁾, GURINOVICH V. Yu.¹⁾, KARPOVICH S. L.²⁾

¹⁾Belarusian National Technical University,

²⁾JSC "Viprotekh"

The paper considers main advantages and disadvantages of mobile mortar concrete plants in comparison with stationary concrete mixing units. The main idea of the mobility is to provide quick movement. In its turn, this approach imposes

some restrictions on dimensions and weights of concrete mixing equipment. However in the context of the concrete mixing equipment and construction site as whole the mobility concept is considered in the form of three components: minimum expenses on site preparation for assembly of a mortar concrete plant, transportability, reduction in installation and start-and-adjustment periods. In this regard processing chain for production of concrete and mortar mixes is divided in separate complete operations. Then it is necessary to develop modules which are performing the required operations. Every module is developed in accordance with the size of a shipping container in order to make transportation convenient. Detachable connections are stipulated in the place of module linkages, electrical wiring, pipelines for supply water and chemical admixtures, pneumatics. Henceforth, these connections make it possible to reduce time for on-site assembly and disassembly of the equipment.

The paper presents a mobile mortar concrete unit of block-module arrangement which has been developed within the framework of the State Scientific Research Programme at the BNTU. The unit has been manufactured using production capacities of JSC "Viprotekh" and it has been successfully introduced in production process. One of the promising directions is to use the mobile mortar concrete plants which are located and which are operating directly on construction sites. Their economic efficiency becomes higher with an increase of distance to the nearest stationary mortar concrete unit and scope of concreting works. Mobile mortar concrete plants are mainly intended for construction organizations which are realizing construction projects away from urban infrastructure and transportation networks: bridges, dams, highways, transport junctions. While ensuring the same production output of concrete these plants are located in close proximity to the construction site and the required mortars can be supplied directly to the site with the help of special concrete pumps.

Keywords: concrete, concrete mixing module, concrete mixing plant, mobility, mortar concrete unit, cement storage, tower silo.

Fig. 2. Tab. 1. Ref.: 10 titles.

Введение. В настоящее время объекты активно возводятся в городе и за пределами городской застройки. Когда происходит частая смена площадки или размещение в стесненных условиях, необходим оперативный запуск. В данном случае лучшим решением будет использование мобильных растворобетонных установок. Это подтверждается увеличением спроса на мобильные растворобетонные установки (МРБУ). Одно из перспективных направлений – использование МРБУ, устанавливаемых и эксплуатируемых непосредственно на объектах строительства. Их экономическая эффективность растет с увеличением расстояния до ближайшего стационарного растворобетонного узла, а также объемов бетонирования [1].

МРБУ ориентирована главным образом на строительные организации, возводящие строительные объекты вдали от городской инфраструктуры и транспортных сетей: мосты, дамбы, магистрали, транспортные развязки. При сохранении тех же объемов производства бетона МРБУ находятся в непосредственной близости от строительного объекта и с помощью специальных бетононасосов могут подавать нужные растворы прямо на объект.

Преимущества мобильных растворобетонных установок. Особенность МРБУ заключается в довольно коротком времени монтажа и перемещения. Они легко перемещаются с помощью одного или двух тягачей и имеют

возможность свободно разместиться на довольно небольшом участке земли. Работы по сборке-разборке (с привлечением на некоторые работы подъемного крана) всего оборудования осуществляются в одну рабочую смену, затем следует транспортировка бетонного смесительного узла одним тягачом [2, 3].

Однако понятие мобильности растворобетонной установки в условиях современной экономики нельзя ограничивать только ее скоростью монтажа и перемещения. Пользователи МРБУ уделяют особое внимание только самой конструкции бетонного завода, а именно: наименьшим габаритным размерам, компактности при транспортировании и простоте монтажа оборудования, но не учитывают скрытые затраты при перебазировании мобильной установки.

Мобильность любой растворобетонной установки определяется тремя факторами: минимальными затратами на подготовку места ее расположения, минимальными затратами на ее транспортировку и малым временем развертывания и ввода в эксплуатацию. Конструкция МРБУ не обязательно должна включать колесное шасси. РБУ может состоять из блоков габаритными размерами 2,4×2,4 м и длиной не более 12,0 м (размер стандартного морского контейнера). Доставка бетоносмесительной установки к месту монтажа и последующее перебазирование, как самый простой метод пере-

возки, могут осуществляться с помощью пространственных полуприцепов – еврофур.

При таком способе перевозки МРБУ не требуются разрешения и специальные документы, оформляется только товарно-транспортная накладная на габаритный груз. Максимальная масса наибольшего из сборочных блоков не превышает 12 т, исходя из состояния дорог и некоторых участков и мостов. Транспортирование блоков МРБУ можно осуществлять как на открытых полуприцепах, так и на затентованных. Совокупность вышеизложенных конструктивных особенностей приводит к снижению транспортных расходов.

Преимуществами МРБУ являются малые, по сравнению со стационарными, габариты и масса, что положительно сказывается на цене мобильных заводов, так как снижаются затраты на их производство. Малые габариты и масса дают возможность организовать производство смеси на ограниченной территории [4, 5]. Это, например, строительство жилищных микрорайонов и объектов промышленного назначения на небольших площадях и территориях. Размещение стационарного бетонного завода в подобных местах не представляется возможным в силу ограниченной площади и существенной стоимости данного оборудования.

Стоимость компонентов бетонной смеси гораздо ниже стоимости готового бетона. Все это в совокупности приводит к очередному преимуществу – снижению стоимости готового бетона для конечного потребителя. Размещение завода в непосредственной близости от объекта строительства исключает возможность снижения качества бетонной смеси вследствие ее неправильной транспортировки.

В качестве фундамента для мобильного завода могут использоваться ровная забетонированная или асфальтированная площадка; плиты пустотного настила, уложенные на грунтовую выровненную площадку. Преимуществами при размещении мобильных бетонных заводов являются отсутствие фундамента, проектных работ, согласования и работ по его возведению [6]. Немаловажным достоинством мобильных заводов является отсутствие пандуса. Для перевозки МРБУ проектируют высотой не более 2,5 м (ограничены размером морского контейнера), что позволяет любому погрузчику производить загрузку инертных материалов

напрямую, без необходимости насыпать подъездной пандус.

Монтаж МРБУ осуществляется непосредственно с колес. Машины заезжают на площадку в той последовательности, в которой производится монтаж РБУ. Таким образом, время монтажа сводится к минимуму при рациональном использовании строительной площадки. Для проведения всех монтажно-сборочных работ используется один грузоподъемный механизм – автокран грузоподъемностью не более 25 т. Монтаж МРБУ производится с одного положения автокрана. При сборке мобильных бетонных заводов не используется сварка, все блоки и узлы крепятся на разъемных болтовых соединениях, что приводит к снижению затрат на монтажные и пусконаладочные работы.

Резюмируя, к несомненным преимуществам мобильных бетонных заводов можно отнести их реальную компактность, удобство в установке и транспортировке, быстроту в развертывании бетонного производства, возможность использования в отдаленных местностях.

Недостатки мобильных растворобетонных установок. МРБУ имеют ряд недостатков. Это, в первую очередь, их низкая производительность, что вызвано ограниченными размерами МРБУ, не позволяющими разместить необходимое количество дозаторов компонентов бетонной смеси для применения параллельной схемы дозирования, при которой все компоненты дозируются одновременно. В МРБУ смеситель чаще всего установлен на тензометрические датчики и играет роль дозатора инертных материалов, что соответствует последовательной схеме дозирования компонентов, при которой увеличивается время цикла, а следовательно, падает производительность. Малые габариты также не позволяют разместить значительные расходные бункеры компонентов бетонной смеси. Этот недостаток влечет за собой необходимость частых загрузок расходных материалов.

МРБУ – это высокотехнологичные устройства, с множеством сложных новаторских решений. Последнее обстоятельство приводит к тому, что подобное оборудование оказывается неремонтопригодным в полевых условиях. И еще один немаловажный недостаток МРБУ – ограниченная по площади операторская.

Не всегда вышеперечисленные характеристики следует относить к недостаткам. К при-

меру, крупная строительная организация при возведении многоэтажных объектов не будет полагаться лишь на производительность МРБУ. Небольшие и средние компании, занятые в сфере малоэтажного строительства, обычно удовлетворены производительностью этих установок. Поэтому невысокую производительность оборудования можно рассматривать не в качестве недостатка, а как конструкционную особенность.

Недостаток, связанный с низкой ремонтно-пригодностью некоторых узлов, можно компенсировать выбором МРБУ от ответственных производителей с хорошей репутацией. В этом случае эксплуатационный ресурс приобретенного оборудования будет более продолжительным и необходимость что-либо ремонтировать в полевых условиях отпадет сама собой.

Мобильный растворобетонный узел блочно-модульной компоновки. Данный мобильный растворобетонный комплекс (МРБК) был разработан, изготовлен и испытан в рамках выполнения научных исследований и разработок научно-технической программы [7]. Проведены контрольные испытания на соответствие рассчитанным при разработке техническим параметрам (производительность, потребляемая мощность). Фактическая производительность МРБК 35 м³/ч, установленная мощность оборудования, потребляющего электроэнергию, 40 кВт.

Общий вид МРБК блочно-модульной компоновки представлен на рис. 1. Он состоит из двух основных модулей: бетоносмесительного и хранения цемента. Оба модуля являются отдельными конструктивно и функционально законченными блоками, могут быть использованы по отдельности либо дополнены другими модулями, например модулем подачи бетонной смеси и (или) модулем для растарки «Биг-Бэгов».

Бетоносмесительный модуль (рис. 1) включает в себя: бетоносмеситель на весоизмерительной платформе (выполняет роль дозатора инертных материалов) [8], склад инертных материалов в виде двух бункеров объемом по 6,5 м³, конвейерную подачу инертных материалов, систему хранения и подачи воды и химических добавок, систему воздухообеспечения и помещение операторской. Модуль хранения цемента (рис. 1) [9] состоит из: собственно емкости силоса на 32 т, обвязки силоса (лестница, верхнее ограждение, труба задувки), фильтра цементной пыли, затвора, шнекового питателя и опоры силоса с бесфундаментной системой установки.

Сравнение основных технико-экономических показателей разработанного и внедренного мобильного растворобетонного узла блочно-модульной компоновки в сравнении с ближайшими аналогами отечественного и зарубежного образца приведено в табл. 1 [10]. Стоимость указана по состоянию на 01.12.2012.

Таблица 1

Технико-экономические показатели мобильных растворобетонных узлов

Параметр	МРБУ блочно-модульной компоновки	Комплекс мобильный агрегатированный «МАК-БЕТОН» СМБ-004ЕК, РБ	Мобильная бетоно- смесительная установка FIBO INTERCON F2200, Дания
Производительность, м ³ /ч	35	32	30
Тип смесителя	Тарельчатый, одновальный	Тарельчатый, одновальный	Тарельчатый, одновальный
Объем по загрузке, л	750	750	2200
Объем по выходу готовой смеси, л	500	570	1500
Бункеры для заполнителей инертных материалов, м ³	2×6,5	2×7,0	2×4,8
Бункеры для цемента, м ³	26	19	24
Объем емкости для воды и химдобавок, м ³	1,0	10,0	0,5
Габаритные размеры, м (Д×Ш×В)	12×2,5×2,6	17,6×4,5×12,7	9×2,58×2,65
Транспортная масса БСУ, кг	11500	23500	10500
Общее энергопотребле- ние, кВт	40	50	70
Стоимость, тыс. руб.	950	1500	2700 (полный комплект)

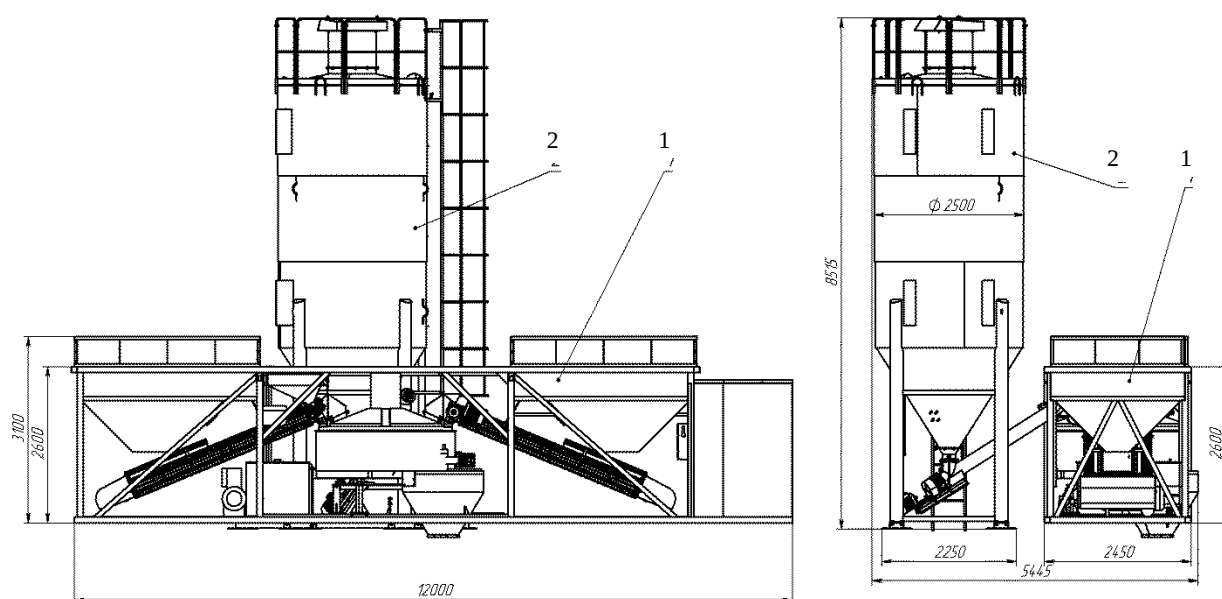


Рис. 1. Общий вид МРБК в разрезе:

1 – бетономесительный модуль; 2 – модуль хранения цемента

Опытный образец растворобетонного комплекса блочно-модульной компоновки мобиль-

ной модификации был внедрен на производственной базе ООО «Бетон-СВ» (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид опытного образца МРБК:

1 – бетономесительный модуль; 2 – модуль хранения цемента

ВЫВОДЫ

1. К преимуществам мобильных растворобетонных узлов относятся: малые габариты и масса, скорость транспортировки и монтажа, малое время ввода в эксплуатацию и начала производства бетонных смесей.

2. К недостаткам следует отнести: низкую производительность, малую емкость расходных бункеров, низкую ремонтпригодность.

3. Область рационального применения – малые и средние организации, занятые в сфере малоэтажного строительства, компании, возводящие объекты, находящиеся на значительном удалении от стационарных бетонных производств.

4. Разработанный и внедренный узел, обладая техническими показателями, сравнимыми с характеристиками отечественных и зарубежных аналогов, имеет меньшую стоимость.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Леонович, С. Н.** Основные аспекты экономической эффективности мобильных растворобетонных установок / С. Н. Леонович, С. Л. Карпович // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров: сб. трудов XVII Междунар. науч.-метод. семинара. – Гродно: Гродненский государственный университет, 2010. – Т. 1. – С. 325–330.
2. **Баженов, Ю. М.** Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий / Ю. М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 472 с.
3. **Оборудование** для переработки сыпучих материалов / В. Я. Борщев [и др.]. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 208 с.
4. **Стаценко, А. С.** Технология бетонных работ / А. С. Стаценко. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйш. шк., 2006. – 239 с.
5. **Афанасьев, А. А.** Бетонные работы / А. А. Афанасьев. – М.: Высш. шк., 1991. – С. 31, 56–60.
6. **Леонович, С. Н.** Способы снижения стоимости стационарных растворобетонных установок / С. Н. Леонович, С. Л. Карпович // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров: сб. трудов XVII Междунар. науч.-метод. семинара. – Гродно: Гродненский гос. ун-т, 2010. – Т. 1. – С. 330–333.
7. **Разработать** и внедрить отечественный энергоэффективный универсальный растворобетонный комплекс для заводов ЖБК и КПД блочно-модульной компоновки: отчет о НИР (заключ.) / БНТУ; рук. темы С. Н. Леонович. – Минск, 2012. – 104 с. – № ГР 20114849.
8. **Бетоносмесительная** установка: пат. № U 3333 Респ. Беларусь: МПК: B28C 5/38 / Л. П. Синицын, Н. Т. Минченя, Н. А. Липкин, С. Л. Карпович; дата публ.: 28.02.07.

9. **Гуринович, В. Ю.** Перспективы приобъектного приготовления бетонных смесей с использованием мобильных растворобетонных комплексов / В. Ю. Гуринович, А. И. Ольгомец // Главный инженер в строительстве. – 2013. – № 1. – С. 22–28.

10. **Гуринович, В. Ю.** Основные модификации растворобетонных узлов блочно-модульной компоновки / В. Ю. Гуринович, А. И. Ольгомец // Главный инженер в строительстве. – 2013. – № 10. – С. 18–22.

REFERENCES

1. **Leonovich, S. N., & Karpovich, S. L.** (2010) Main Aspects of Economic Efficiency of Mobile Mortar Concrete Plants. *Perspektivy Razvitiia Novykh Tekhnologii v Stroitel'stve i Podgotovke Inzhenernykh Kadrov. Sbornik Trudov XVII Mezhdunarodnogo Nauchno-Metodicheskogo Seminara. T. 1* [Prospects for Development of New Technologies in Construction and Training of Engineering Personnel. Collection of Works of the XVII International Scientific-Methodical Seminar. – Vol. 1]. Grodno: Grodno State University, 325–330. (in Russian).
2. **Bazhenov, Yu. M.** (2005) *Designing of Enterprises for Production of Construction Materials and Items*. Moscow, ASV Publishing House. 472 p. (in Russian).
3. **Borshchev, V. Ia., Gusev, Iu. I., Promtov, M. A., & Timonin, A. S.** (2006) *Equipment for Processing of Loose Materials*. Moscow, Mashinostroenie-1. 208 p. (in Russian).
4. **Statsenko, A. S.** (2006) *Technology of Concrete Works*. 2nd Edition. Minsk, Vysheishaia Shkola. 239 p. (in Russian).
5. **Afanasiev, A. A.** (1991) *Concrete Works*. Moscow, Vysshaya Shkola, p. 31, 56–60 (in Russian).
6. **Leonovich, S. N., & Karpovich, S. L.** (2010) Methods for Cost Reduction of Stationary Mortar Concrete Plants. *Perspektivy Razvitiia Novykh Tekhnologii v Stroitel'stve i Podgotovke Inzhenernykh Kadrov. Sbornik Trudov XVII Mezhdunarodnogo Nauchno-Metodicheskogo Seminara. T. 1* [Prospects for Development of New Technologies in Construction and Training of Engineering Personnel. Collection of Works of the XVII International Scientific-Methodical Seminar. Vol. 1]. Grodno: Grodno State University, 330–333 (in Russian).
7. **Leonovich, S. N.** (2012) Develop and Introduce National Energy-Efficient Universal Mortar Concrete Complex for Concrete Structure and Concrete Panel Construction Plants of Block-Module Arrangement: R&D Report (Final). Minsk: BNTU. 104 p. No ГР 20114849. (In Russian, Unpublished).
8. **Sinitsyn, L. P., Minchenia, N. T., Lipkin, N. A., & Karpovich, S. L.** (2007) Concrete Mixing Plant. Patent Republic of Belarus No U 3333 (in Russian).
9. **Gurinovich, V. Yu., & Olgomets, A. I.** (2013) Prospects for Pre-Site Preparation of Concrete Mixes While Using Mobile Mortar Concrete Complexes. *Glavny Inzhener v Stroitel'stve* [Chief Engineer in Construction], 1, 22–28 (in Russian).
10. **Gurinovich, V. Yu., & Olgomets, A. I.** (2013) Main Modifications of Mortar Concrete Units of Block-Module Arrangement. *Glavny Inzhener v Stroitel'stve* [Chief Engineer in Construction], 10, 18–22 (in Russian).

Поступила 25.03.2013