
СТРОИТЕЛЬСТВО
CIVIL AND INDUSTRIAL ENGINEERING

УДК 624.05

ОСНОВНЫЕ МОДИФИКАЦИИ РАСТВОРОБЕТОННЫХ УЗЛОВ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ КОМПОНОВКИ

*Докт. техн. наук, проф. ЛЕОНОВИЧ С. Н., асп. ОЛЬГОМЕЦ А. И.,
инженеры ГУРИНОВИЧ В. Ю., КАРПОВИЧ С. Л.*

Белорусский национальный технический университет

E-mail: sleonovich@mail.ru

Рассмотрена новая разработка БНТУ – растворобетонные комплексы блочно-модульной конструкции. Блочно-модульный принцип состоит в том, чтобы разбить всю технологическую цепочку по производству бетонных и растворных смесей на отдельные участки (модули), каждый из которых выполняет отдельные функции и может использоваться независимо от других. Далее набирают комплект таких модулей для обеспечения производства бетонов и растворов. Представлены конструкции основных модулей технологической цепочки по приготовлению бетонных смесей: бетоносмесительный модуль, модуль хранения и подачи инертных материалов, модуль хранения и подачи цемента, а также ряд дополнительных вспомогательных модулей (подачи бетона, приготовления химических добавок, операторской, подготовки и подачи воздуха).

Приведены две основные модификации растворобетонных узлов, разработанных по блочно-модульному принципу с использованием основных модулей. Одна является стационарным вариантом растворобетонного комплекса, обладающего высокой производительностью, значительными запасами инертных материалов и цемента, возможностью работы в зимний период за счет утепления и системы подогрева воды и инертных материалов. Вторая – это перебазируемый вариант, позволяющий перевозить установку с места на место за счет сокращения времени монтажа и демонтажа и наладить производство бетонных смесей в непосредственной близости к объекту строительства. Это дает возможность сократить расходы на транспортирование бетона к месту укладки, а также уменьшить вероятность ухудшения потребительских свойств бетонной смеси, что в свою очередь снижает окончательную стоимость и повышает качество объекта строительства.

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

Ил. 5. Табл. 2. Библиогр.: 10 назв.

MAIN MODIFICATIONS OF READY MIX CONCRETE STATIONS HAVING MODULAR-BLOCK LINE-UP

LEONOVICH S. N., OLGOMETTS A. I., GURINOVICH V. Yu., KARPOVICH S. L.

Belarusian National Technical University

The paper considers a new BNTU development that is concrete complexes having modular-block design. The modular-block approach presupposes to divide the whole technological chain for production of concrete and mortar mixes into separate sections (modules), each of which performs specific functions and can be used separately and independently of others. Then it is necessary to select such set of modules that ensure production of concrete and mortars. The paper presents designs of main modules in the technological chain for preparation of concrete mixes: a concrete mixing module, a storage and supply module of inert materials, a storage and supply module of cement and a number of additional auxiliary modules (a concrete supply module, a module for preparation of chemical additives, an operator module and a module for preparation and supply of air).

Two main modifications of ready mix concrete stations developed on the basis of modular-block principle using basic modules are given in the paper. The first modification is a stationary concrete-mortar complex characterized by high productivity, large reserves of aggregates and cement, ability to be operated in winter due to heat insulation and water heating system and inert materials. The second modification is a transportable option that permits to transport the station from place to place due to reduction of time required for its installation and removal and execute production of concrete mixtures in the vicinity of the object construction. This options provides the possibility to reduce expenses on concrete transportation to the place of its deposit and decrease the probability of deterioration of consumer properties of the concrete mix that in its turn entails reduction in final cost of the object construction and improves quality of the construction.

Keywords: concrete, concrete module, concrete mixing plant, ready mix concrete station, cement storage, silage.

Fig. 5. Tab. 2. Ref.: 10 titles.

Введение. В зависимости от требований заказчика блочно-модульная схема дает возможность скомпоновать растворобетонные комплексы (РБК) любой конфигурации, значительно сократить расходы на транспортирование и монтаж. Сборка готовых модулей с максимальным насыщением оборудованием в условиях производства позволяет повысить качество монтажа и надежную работу оборудования, облегчает сборку и транспортирование готовых модулей.

Блочно-модульный принцип. Блочно-модульная система инвентарных бетонных заводов обеспечивает быстроту монтажных и пусконаладочных работ, резко сокращая сроки ввода. В связи с этим исходная тенденция проектирования состоит в распространении блочно-модульного принципа не только на бетонный завод, но и на все бетонное хозяйство, включая компрессорную, механические мастерские, конструкции подштабельных галерей. Каждый блок (модуль) проектируется размером с морской контейнер, что способствует его легкой перевозке любым видом транспорта. Доставка модулей к месту монтажа осуществляется с помощью самых распространенных полуприцепов – еврофур – как на открытых полуприцепах, так и на затентованных. При сборке бетонного завода блочно-модульной компоновки не используется сварка, все блоки и узлы крепятся на разъемных болтовых соединениях. Время монтажа сокращено за счет использования штепсельной коммутации электросистемы, а также фланцевых и гибких шланговых соединений трубопроводов.

Развитие блочно-модульных растворобетонных узлов (РБУ) позволяет объединить достоинства как стационарных, так и мобильных РБУ [1–10]. Данный тип оборудования, имея свою нишу, пока еще не представлен на рынке бетоносмесительных узлов в Беларуси. При правильном маркетинге возможно значительно увеличить долю блочно-модульных РБУ в общем числе установок, продаваемых на территории нашей республики. Вторым преимуществом блочно-модульной компоновки является полная комплектация отдельных модулей на заводе-изготовителе, что исключает проведение дополнительных работ по монтажу (прокладка кабелей, отопление и др.) и позволяет свести

к минимуму пусконаладочные работы. Важной является и гибкость компоновки, поскольку каждый модуль – это законченное изделие и выполняет отдельную функцию: можно скомпоновать завод необходимой конфигурации и производительности.

Основные блоки (модули), входящие в состав РБУ. В ходе разработки различных модификаций РБК блочно-модульной компоновки были выделены и разработаны отдельные универсальные модули, используемые во всех модификациях РБК.

Бетоносмесительный модуль представляет собой сварной каркас (рис. 1) $3000 \times 2500 \times 2600$ мм. Рама бетоносмесительного модуля – это сварная пространственная конструкция, которая нижней частью посредством болтового соединения крепится к каркасу, а в верхнюю часть вкручиваются три тензометрических датчика. Сверху в каждый тензодатчик вкручен опорный винт. На опорные винты опирается бетоносмеситель принудительного действия БП-1500.

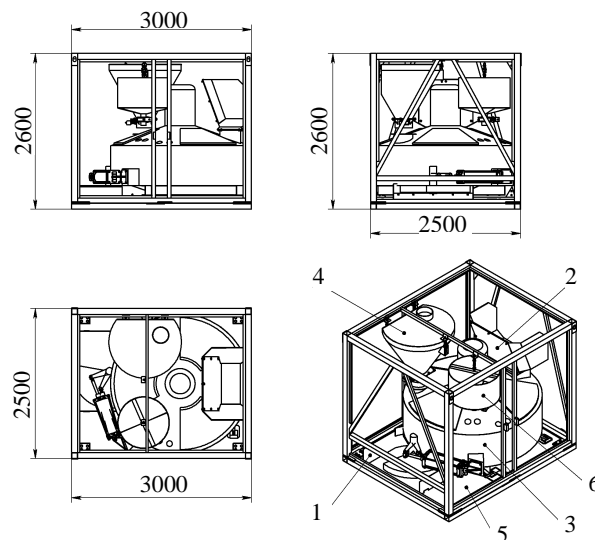


Рис. 1. Бетоносмесительный модуль:

- 1 – выгрузной лоток; 2 – загрузной лоток;
3 – бетоносмеситель; 4 – дозатор цемента; 5 – каркас;
6 – дозатор воды

Для дозирования цемента и инертных материалов предусмотрены специальные весовые дозаторы на тензодатчиках. В момент, когда дозаторы заполняются требуемым количеством цемента или инертных материалов, тензодатчики подают сигнал в общую электросистему и подача прекращается.

Модуль хранения инертных материалов представляет собой рамный каркас размерами 12000×2500×2600 мм, в котором размещены расположенные подряд три бункера инертных материалов, весовой конвейер подачи инертных материалов, кубовая емкость для хранения воды, система дозирования воды и химических добавок (ХД) (рис. 2).

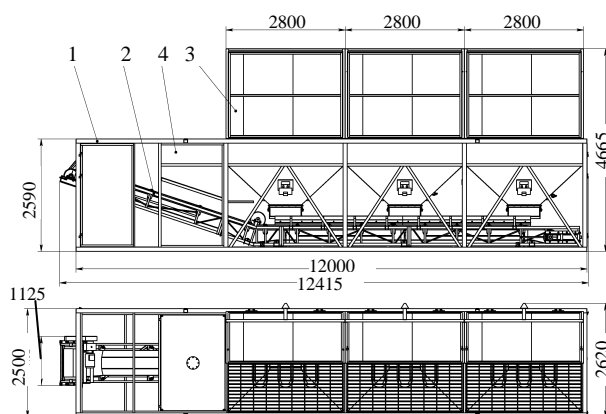


Рис. 2. Модуль хранения инертных материалов:
1 – рамный каркас; 2 – конвейер-дозатор;
3 – бункер инертных материалов; 4 – емкость для воды

Бункеры инертных материалов служат для хранения заполнителей различных фракций. Подача инертных материалов в бункеры осуществляется фронтальным погрузчиком. Бункеры к каркасу крепятся жестко на сварку. В зависимости от сборки бункеры могут комплектоваться решетками, крышками с ручными лебедками, модулем наращивания и регистрами обогрева. В передней части каждого бункера установлен электрический вибратор ИВ-99Б для обрушения слежавшегося материала, а под бункером – весовой ленточный конвейер, который транспортирует и дозирует песок и щебень, совместно с бетоносмесителем образует единую весоизмерительную систему.

Модуль хранения цемента. Склад цемента является технологическим оборудованием и предназначен для хранения цемента. Общий вид склада цемента приведен на рис. 3. РБК может комплектоваться складом цемента на 16 или 32 т либо емкостью на 1,5 м³ для разгрузки цемента в мешках. По требованию заказчика могут быть разработаны и изготовлены силосы цемента объемами, отличными от указанных.

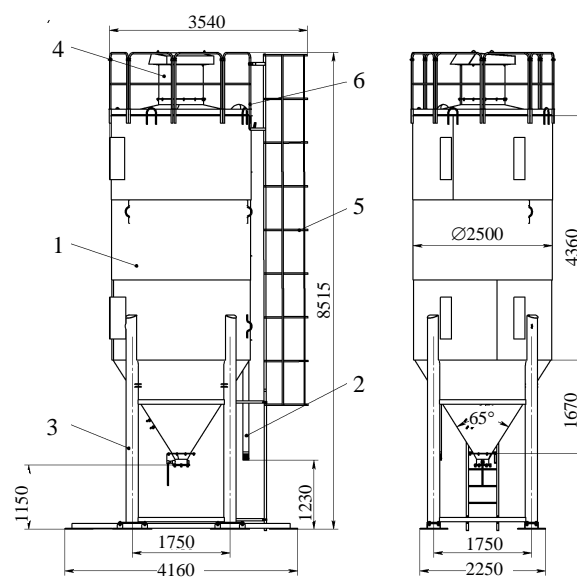


Рис. 3. Общий вид модуля хранения цемента: 1 – силос;
2 – труба задувки цемента; 3 – опорная рама силоса;
4 – фильтр; 5 – лестница; 6 – верхнее ограждение силоса

Склад цемента представляет собой металлическую емкость (силос), установленную на опорах. Снабжен системой загрузки, фильтром, затвором, лестницей, ограждениями и шнековым питателем.

Модификации РБК блочно-модульной компоновки. Стационарный вариант универсального РБК блочно-модульной компоновки – это полностью укомплектованные производства бетона с большой мощностью, которые производят смеси как для собственных нужд, так и для выдачи товарного бетона. К основным достоинствам стационарных РБК можно отнести большие объемы выпускаемых бетонных и растворных смесей. Использование на стационарном РБК больших по объему складов цемента и заполнителей позволяет не зависеть от их поставок и обеспечивать бесперебойную работу бетоносмесительной установки в течение длительного периода времени.

Недостатком стационарных РБК является сравнительно длительный срок ввода комплекса в эксплуатацию. Это связано с тем, что стационарный завод занимает значительную площадь и представляет собой капитальное строение. Это требует выполнения на должном уровне конструкторской и проектной документации. Монтаж занимает длительное время ввиду индивидуальности каждого собираемого комплекса.

С целью сокращения сроков разработки конструкторской и проектной документации, а также монтажа была разработана концепция блочно-модульной компоновки, согласно которой стационарный РБК собирается из отдельных конструктивно и функционально законченных модулей (типовых частей), которые выполняют основную технологическую цепочку по выпуску бетонорастворных смесей, могут быть дополнены отдельными нетиповыми модулями, проектируемыми под конкретные нужды заказчика. При таком варианте компоновки при серийном производстве РБК конструкторская документация разрабатывается только на нетиповые узлы, что значительно сокращает время разработки самого РБК.

Пример стационарного РБК, который выполнен по блочно-модульной схеме, приведен на рис. 4. РБК блочно-модульной компоновки данной модификации имеет габаритные размеры в плане 40,5×7,6 м, высоту по бетоносмесительному модулю 8,8 м и высоту по силосам цемента 14,9 м. Состоит РБК из четырех модулей (рис. 4). Дополнительно поставляются модуль хранения и приготовления химических добавок (как жидких, так и порошкообразных), модуль операторской.

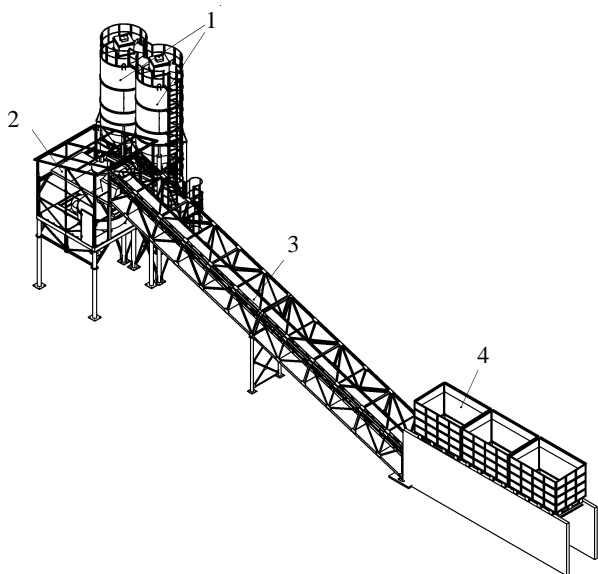


Рис. 4. Общий вид стационарного растворобетонного комплекса: 1 – модуль хранения цемента; 2 – бетоносмесительный модуль; 3 – модуль подачи инертных материалов; 4 – модуль хранения инертных материалов

Мощность РБК составляет 40 м³/ч. Установленная мощность оборудования, потребляющего электроэнергию, – 100 кВт. РБК предназна-

чен для заводов ЖБК и КПД, а также производственных баз. Основные технико-экономические показатели стационарного РБК представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технико-экономические показатели стационарного РБК

Параметр	Показатель
Производительность, м ³ /ч	40
Исполнение, тип	Блочно-модульное
Управление, тип	Автоматическое с возможностью ручного
Тип смесителя	Тарельчатый, одно-вальный БП1500
Объем по загрузке, л	1500 ± 150
Объем по выгрузке, л: бетонной растворной	1000 ± 100 1100 ± 110
Крупность заполнителя (не более), мм	70
Бункер инертных материалов, м ³	3×20
Бункер для цемента, м ³	2×26
Объем емкости для воды, м ³	1×3
Объем емкости для ХД, м ³	3×1
Предел взвешивания/погрешность, кг: инертных материалов цемента воды и ХД	2100/±2,1 600/±6 300/±3
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	40500 7600 14900
Общее энергопотребление, кВт	100

Представленный на рис. 4 стационарный вариант РБК блочно-модульной компоновки был разработан по заданию ГНТП для ГУ «Дирекция строительства атомной станции» на закупку технологических линий для получения товарного бетона и раствора на объекте «Объединенная пионерная производственная база строительства АЭС в г. п. Островец Гродненской обл.». Вариант перебазируемого универсального РБК предназначен для заводов ЖБК и КПД, а также производственных баз и строительных площадок для приготовления конструктивных тяжелых бетонных смесей по СТБ 1035–96 и растворных смесей по СТБ 1307–2002 различных видов и марок. РБК имеет габаритные размеры в плане 17,540×2,550 м, высоту по бетоносмеси-

Таблица 2

Технико-экономические показатели
перебазируемого РБК

Параметр	Показатель
Производительность, м ³ /ч	35
Исполнение, тип	Блочно-модульное
Управление, тип	Автоматическое с возможностью ручного
Тип смесителя	Тарельчатый, одно-вальный БП1500
Объем по загрузке, л	1500 ± 150
Объем по выгрузке, л: бетонной растворной	1000 ± 100 1100 ± 110
Крупность заполнителя (не более), мм	70
Бункер инертных материалов, м ³	3×7
Бункер для цемента, м ³	2×26
Объем емкости для воды, м ³	1×1
Объем емкости для ХД, м ³	3×1 (дополнительный модуль)
Предел взвешивания/погрешность, кг: инертных материалов цемента воды и ХД	 3000/±3 600/±6 300/±3
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	 17540 2550 8515
Напряжение питания, В	380
Общее энергопотребление, кВт	52

тельному модулю и модулю хранения инертных материалов 2,600 м и высоту по силосам цемента 8,515 м. Состоит из четырех модулей (рис. 5). Все модули данного РБК являются типовыми и аналогичны модулям из стационарной модификации за исключением модуля подачи бетонной смеси. Отличаются эти модификации отсутствием наклонной галереи подачи заполнителей, что делает данный вариант менее металлоемким и способным к перебазированию.

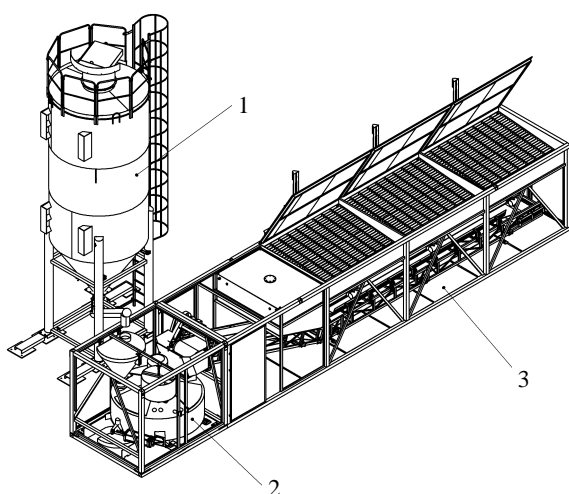


Рис. 5. Общий вид перебазируемого растворобетонного комплекса: 1 – модуль хранения цемента; 2 – бетоносмесительный модуль; 3 – модуль хранения инертных материалов

Фактическая производительность РБК по выпуску тяжелых бетонных и растворных смесей составляет 35 м³/ч. Установленная мощность оборудования, потребляющего электроэнергию, – 52 кВт. Технико-экономические показатели перебазируемого РБК приведены в табл. 2.

Достоинствами такой модификации РБК являются: меньшая по сравнению со стационарными занимаемая площадь, возможность перемещения данного узла на другой объект строительства, быстрый монтаж и демонтаж. Однако по сравнению со стационарным вариантом он имеет сниженную производительность. Данная модификация универсального РБК блочно-модульной компоновки была разработана по заданию ГНТП и внедрена на производственной базе КУП «Брестский городской ремонтно-строительный трест» и используется для приготовления тяжелых бетонных смесей и строительных растворов при температуре воздуха от минус 25 до плюс 40 °С.

Процесс приготовления бетонных смесей и строительных растворов на стационарном и перебазируемом РБК состоит из следующих основных технологических переделов:

- дозирования инертных материалов на ленточном конвейере-дозаторе;
- подачи центробежным насосом по трубопроводам ХД и воды из расходных емкостей в совмещенный дозатор;
- подачи цемента шнековым питателем в дозатор;
- подачи отдозированной части заполнителей в бетоносмеситель;
- перемешивания сырьевых компонентов и выдача готовой бетонной смеси в автобетоносмеситель (автосамосвал).

Для обеспечения бесперебойной работы РБК необходимо организовать хранение нормативного запаса сырьевых компонентов. Для хра-

нения нормативного запаса инертных материалов на стройплощадке или производственных базах организуется открытый штабельный склад, разделенный на отсеки. Для средней производительности РБК в 35 м³/ч ориентировочно необходим склад емкостью 1600 м³, общей площадью при высоте складирования заполнителей до 5 м – 400 м².

Возможны два варианта поставки и хранения цемента: поставка цемента автоцементовозами или в биг-бэгах. В первом случае РБК комплектуются расходными силосами. Обычно силосы изготавливаются габаритными (емкостью до 60 т) для транспортирования автотранспортом. Число силосов для хранения цемента, прежде всего, определяется ритмичностью поставки цемента, а также рецептурой приготавливаемых бетонных и растворных смесей. Во втором случае РБК комплектуются модулем для растарки биг-бэгов, который представляет собой емкость с системой подачи цемента в дозатор (шнековый питатель или пневмокамерный насос).

Для размещения расходных емкостей воды и ХД, а также системы воздухообеспечения исполнительных механизмов и электрошита РБК комплектуются дополнительными модулями. Автоцементовозы, доставляющие цемент, разгружаются в модуль хранения цемента по маркам. Самосвальный автотранспорт, привозящий инертные материалы, разгружается в соответствующие отсеки открытого штабельного склада по фракциям. Инертные материалы (песок, щебень) с отсеков склада в модуль РБК доставляются ковшовым автопогрузчиком.

Одним из важнейших факторов, влияющих на эксплуатационные показатели здания, его стойкость и долговечность, является качество приготовления бетонной смеси, которое, в свою очередь, зависит от точности дозирования компонентов бетонной смеси. В настоящее время законодательно закреплен способ дозирования компонентов бетонной смеси по массе, при котором необходимое количество того или иного компонента взвешивается в дозаторах, после чего попадает в бетоносмеситель. За процесс дозирования и подачи компонентов бетонной смеси отвечает система автоматического дозирования и управления (АСДУ). Программой предусмотрена возможность работы по рецеп-

там, заданным оператором и хранящимся в памяти. Также программа позволяет вручную внести корректировку в рецепт, в частности изменить количество воды с учетом влажности инертных материалов. Отдозированные компоненты бетонной смеси подаются в смеситель: песок и щебень – поочередно конвейером, цемент, вода и ХД – самотеком из дозаторов, которые расположены над смесителем. Программа АСДУ позволяет задавать время перемешивания, что необходимо для обеспечения однородности бетонной смеси.

Завершается процесс приготовления бетонной смеси выгрузкой в автобетоносмесители. Для стационарного РБК высота выгрузки является постоянной величиной, равной 4100 мм, что позволяет беспрепятственно загружать автобетоновозы. Для загрузки автосамосвалов предусмотрен поворотный лоток-удлинитель, позволяющий опустить высоту выгрузки до 2800 мм. В перебазируемом варианте РБК использован модуль подачи бетонной смеси конвейером. Высота выгрузки посредством подъемника может изменяться от 400 до 4000 мм.

ВЫВОД

Блочно-модульная концепция заключается в разработке нескольких основных функционально и конструктивно законченных модулей технологической цепочки по выпуску растворных и бетонных смесей. На основе этих базовых модулей комплектуется завод заданной конфигурации и производительности путем добавления нетиповых блоков. Конструкторская и проектная документация разрабатывается только на нетиповые модули, что значительно сокращает стоимость и время разработки растворобетонных узлов. Представленные модификации растворобетонных заводов блочно-модульной компоновки успешно внедрены на действующих производствах.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Афанасьев, А. А.** Бетонные работы / А. А. Афанасьев. – М.: Высш. шк., 1991. – С. 31, 56–60.
2. **Хяютин, Ю. Г.** Монолитный бетон / Ю. Г. Хяютин. – М.: Стройиздат, 1991. – С. 45–50.
3. **Гуринович, В. Ю.** Обоснование решений по комплексной реконструкции производства / В. Ю. Гуринович,

С. Н. Леонович // Вестник БНТУ: Архитектура и строительство. – 2011. – № 5. – С. 47–49.

4. **Баженов, Ю. М.** Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий / Ю. М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 472 с.

5. **Стаценко, А. С.** Технология бетонных работ / А. С. Стаценко. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая шк., 2006. – 239 с.

6. **Оборудование** для переработки сыпучих материалов / В. Я. Борщев [и др.] // Строительная наука и техника. – 2009. – № 3 (24). – С. 46–52.

7. **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. науч. статей. – Гродно: ГрГУ имени Я. Купалы, 2010. – С. 325–330.

8. **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. науч. статей. – Гродно: ГрГУ имени Я. Купалы. – 2010. – С. 330–333.

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. **Afanassiev, A. A.** (1991) *Concrete Works*. Moscow, Vysshaya Shkola, p. 31, 56–60 (in Russian).

2. **Khayutin, Yu. G.** (1991) *Cast-in-Situ Concrete*. Moscow, Stroyizdat, 45–50 (in Russian).

3. **Gurinovich, V. Yu., & Leonovich, S. N.** (2010) Substantiation of Solutions for Complex Reconstruction of Production. *Vestnik BNTU [Bulletin of the Belarusian National Technical University]*, 5, 47–49 (in Russian).

4. **Bazhenov, Yu. M.** (2005) *Designing of Enterprises for Production of Construction Materials and Items*. Moscow, ASV Publishing House. 472 p. (in Russian).

5. **Statsenko, A. S.** (2006) *Technology of Concrete Works*. 2nd Edition. Minsk, Vysheishaya Shkola. 239 p. (in Russian).

6. **Borshchev, V. Ya., Snezhkov, D. Yu., Leonovich, S. N., & Lagun, Yu. I.** (2009). Equipment for Processing of Bulk Materials. *Stroitel'naya Nauka i Tekhnika [Construction Science and Technology]*, 3 (24), 46–52 (in Russian).

7. **Leonovich, S. N., & Karpovich, S. L.** (2010) Main Aspects of Economic Efficiency of Mobile Concrete-Mortar Units. *Perspektivy Razvitiia Novykh Tekhnologii v Stroitel'stve i Podgotovke Inzhenernykh Kadrov. Sb. Nauch. Statei [Prospects for Development of New Technologies in Construction and Training of Engineering Personnel. Collection of Scientific Papers]*. Grodno, Grodno State University Named After Ya. Kupala, 325–330 (in Russian).

8. **Leonovich, S. N., & Karpovich, S. L.** (2010) Methods for Cost Reduction of Stationary Concrete-Mortar. *Perspektivy Razvitiia Novykh Tekhnologii v Stroitel'stve i Podgotovke Inzhenernykh Kadrov. Sb. Nauch. Statei [Prospects for Development of New Technologies in Construction and Training of Engineering Personnel. Collection of Scientific Papers]*. Grodno, Grodno State University Named After Ya. Kupala, 330–333 (in Russian).

9. **Gurinovich, V. Yu., & Olgomets, A. I.** (2013) Prospects for Preparation of Concrete Mixes in the Vicinity of an Object Under Construction 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 Stations Having Modular-Block Line-Up. *Glavny Inzhener v Stroitel'stve [Chief Engineer in Construction]*, 10, 18–22 (in Russian).

Поступила 23.03.2013

УДК 625.855.3

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДОРОЖНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Докт. техн. наук, проф. КОВАЛЕВ Я. Н.

Белорусский национальный технический университет

E-mail: kov-nata@mail.ru

Активационные технологии дорожно-строительных материалов, рассмотренные в едином комплексе, представляют собой новое прогрессивно развивающееся научное направление в транспортном материаловедении. Сущность активационной технологии материалов заключается в интенсивном повышении физико-химической активности их