

УДК 691.33

Отришко Максим Викторович

генеральный директор

E-mail: mtosu@mail.ru

ООО «Строительное управление-33»

Адрес организации: 121354, Россия, г. Москва, ул. Дорогобужская, 14, корп. 4

Методика определения несущей способности сборных силовых покрытий с пазогребневыми зацеплениями

Аннотация

Постановка задачи. Целью статьи является разработка метода определения несущей способности сборного силового покрытия из плит с зацеплениями «паз-гребень». Нормативная база расчета таких покрытий отсутствует, поэтому требует научного обоснования и разработки.

Результаты. Рассмотрены условия работы плит с пазогребневым зацеплением от воздействия вертикальной нагрузки. За расчетный случай принят вариант безопорного защемления прямоугольной плиты между четырьмя смежными плитами. Основная информация о величине несущей способности плиты получается методом испытания натуральных образцов (фрагментов) элементов «паз» и «гребень». При этом сама плита проектируется, рассчитывается и производится на основе соблюдения требований существующей нормативной базы.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что разработанный метод определения несущей способности может применяться при организации производства пазогребневых плит на заводе железобетонных изделий. Предложена конструкция оснастки для организации испытания элементов плиты в заводских условиях.

Ключевые слова: сборное силовое покрытие, плита с зацеплением «паз-гребень», метод определения несущей способности.

Введение

Технологии сборки покрытий дорог и аэродромов с помощью стягивания в плоскости укладки железобетонных плит стальными канатами известны [1-3]. При стягивании канатами плиты образуют плоское покрытие с высокой изгибной прочностью даже при укладке на неровное основание. Однако стягивающий элемент (трос) не препятствует вертикальному смещению смежных плит от вертикальной нагрузки и требует введения специальных элементов фиксации. Для таких конструкций при работе от вертикальных нагрузок становится проблематичным обеспечение ровности поверхности покрытия, которая достигается укладкой на ровное основание.

Новые технологии стягиваемых покрытий

Группой инженеров Компании СУ-33 (г. Москва) предложена технология укладки стягиваемых между собой плит покрытия [4, 5] с применением стыковых пазогребневых узлов. Такое покрытие получило название сборного силового покрытия (ССП). Повышенные нагрузочные характеристики СПП позволили применить его в конструкциях силовых фальшполов (рис. 1) и существенно расширить функциональные возможности применения.

Наличие пазогребневого узла зацепления, стянутого натяжными элементами, придает покрытию повышенную ровность поверхности, упрощает технологию монтажа, а главное – придает свойство дополнительной горизонтальной устойчивости под воздействием нагрузок.

Это свойство придает преимущество СПП по сравнению с приподнятыми над полом конструкциями из сборного железобетона и кессонными объемными модулями [6-8], образующими подпольное пространство в сооружении. Методы их расчета разрабатываются в каждом случае с учетом особенностей конструкции.

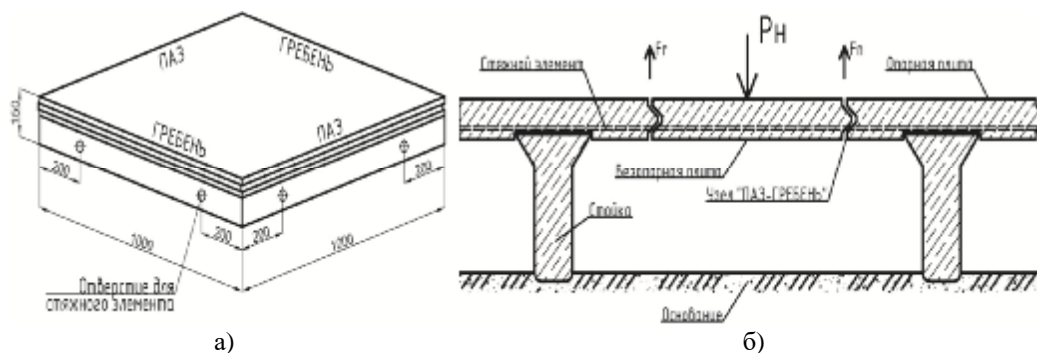


Рис. 1. Плита ССП и условия ее применения в фальшполах:
а – общий вид плиты ССП; б – схема сил работы плиты ССП в составе фальшпола

Интегрированные в концепцию устройства силовых полов современных зданий и сооружений ССП позволяют существенно сократить трудозатраты и сроки строительства, благодаря чему могут использоваться при строительстве быстровозводимых промышленных, транспортных и оборонных объектов.

Разработанные технологические схемы применения конструкций ССП являются альтернативными классическим подходам к строительству, например, быстровозводимых объектов и сооружений (рис. 2) специального назначения.

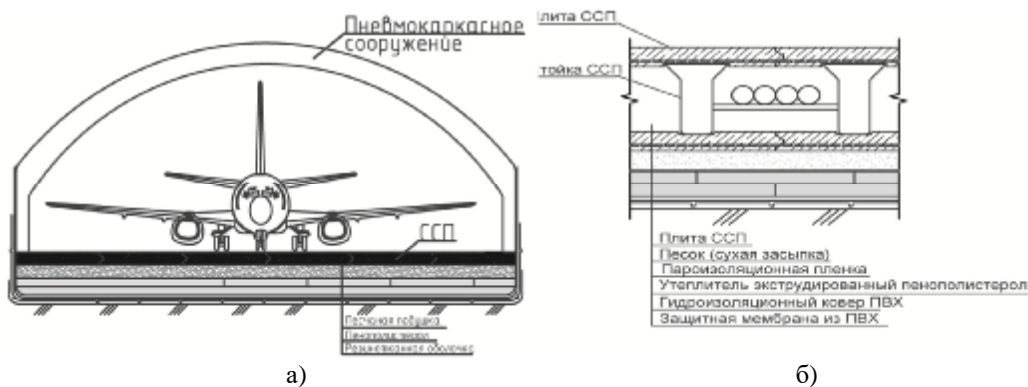


Рис. 2. Варианты конструктивных решений применения ССП в специальных сооружениях:
а – пневмокаркасный ангар для самолета с монтажом ССП на песчаную подушку;
б – двухуровневое покрытие с фальшполом из ССП в здании производственного назначения

Постановка задачи испытания узлов ПАЗ и ГРЕБЕНЫ

В настоящей работе не рассматривается вопрос определения методики несущей способности плит ССП, смонтированных на сплошное жесткое основание (рис. 2 а). В этом случае методика определения несущей способности плитного покрытия фактически сводится к методике расчетов оснований и фундаментов.

Нормативная база расчета пазогребневых узлов от поперечных относительно продольной оси нагрузок отсутствует. Такие узлы используются, как правило, для удобства центровки смыкаемых плит, не подвергаемых поперечным нагрузкам, или находящимися под действием сил тяжести в плоскости смыкания. Такие нагрузки характерны, например, для вертикальных перегородок. Для определения их устойчивости от воздействия поперечных нагрузок проводятся специальные расчеты и испытания [9].

При работе пазогребневого соединения в фальшполах расчет прочностных характеристик узла приобретает первостепенное значение и требует обоснования. В данной работе за расчетный случай принят вариант безопорного заземления прямоугольной плиты между четырьмя смежными плитами (рис. 1 б). При этом принимается, что прочность самой плиты обеспечивается традиционными средствами и методами, применяемыми на производствах.

В реальных условиях целесообразными вариантами применения пазогребневого зацепления в ССП принимается два варианта с симметричным расположением пазов и гребней:

ВАРИАНТ 1: гребни на двух противоположных сторонах и пазы на двух других сторонах;

ВАРИАНТ 2: отсутствие гребней и пазов на двух противоположных сторонах и размещение гребня и паза на двух других противоположных сторонах.

Допущение 1.

Принимается, что вариант с асимметричным расположением элементов ПАЗ и ГРЕБЕНЬ не является рациональным с конструктивной точки зрения и здесь не рассматривается.

Независимо от варианта размещения пазов и гребней нормативная нагрузка P_n воспринимается несущей способностью гребней F_r и пазов F_n по схеме $P_n = 2(F_r + F_n)$ для ВАРИАНТА 1 или $P_n = F_r + F_n$ для ВАРИАНТА 2.

Несущая способность самой плиты ССП задается или рассчитывается в соответствии с предполагаемой нормативной нагрузкой P_n .

Условия состояния и работы плиты

Условия работы реальной плиты ССП отличаются от условий работы свободно уложенной плиты тем, что восприятие нагрузки P_n происходит в условиях плоскостного стягивания плит между собой.

Допущение 2.

Величина силы стягивания плит ССП в плоскости укладки не влияет на прочностные свойства элементов контура опирания: несущую способность гребней F_r и пазов F_n).

Справедливо полагать, что несущая способность элементов пазогребневого соединения зависит от следующих факторов влияния (табл.), которые нужно учитывать при назначении прочностных характеристик реального изделия «плита ССП».

Таблица

Характеристика факторов влияния на несущую способность пазогребневого узла

Характеристика группы факторов	Физическое выражение	Факторы влияния
Марка бетона	Компонентный состав m1/m2/m3/m4	$M_i = f(B_i, W_i, F_i)$
Материал арматуры	Сталь/Композит	$\Sigma\sigma_i, E_i, \Phi_i$
Степень и характер армирования	Схема армирования вариант арматурного каркаса (рис. 3)	BAK_j
Геометрические характеристики поперечного сечения	Толщина основной несущей части плиты	h
	Ширина основания элемента ПАЗ-ГРЕБЕНЬ	h_r и h_n
	Ширина вершины элемента ПАЗ-ГРЕБЕНЬ	h_r и h_n
	Высота элемента от поверхности основной несущей части	L_r и L_n
	Смещение основания элемента от поверхности плиты	Δ_r и Δ_n

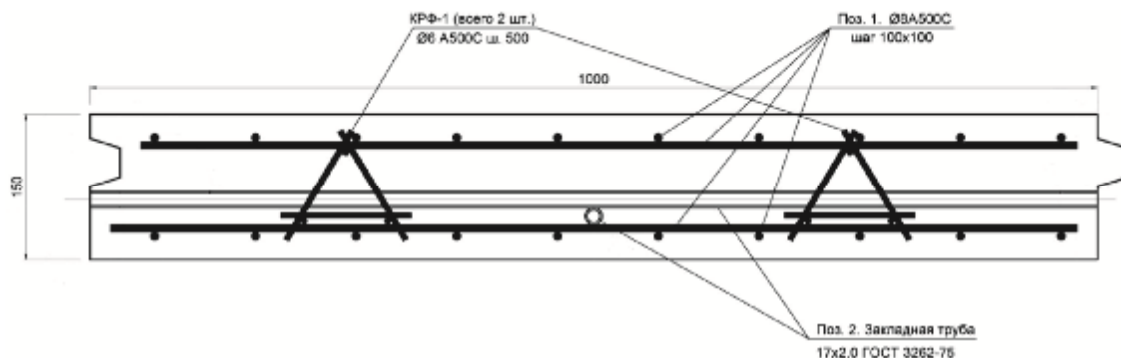


Рис. 3. Вариант выполнения арматурного каркаса плиты ССП BAK_j

При рассмотрении вариантов формообразований элементов ПАЗ-ГРЕБЕНЬ следует учитывать, также, влияние на прочность этого узла и соотношений размеров сечения, определяющих угол их раскрытия λ (рис. 4):

- относительное смещение от края плиты Δ_r/h и Δ_n/h ;
- относительную глубину закладки элемента к толщине плиты h ;
- конусность поперечного сечения элементов $h_{ог}/h_r$ и $h_{он}/h_n$.

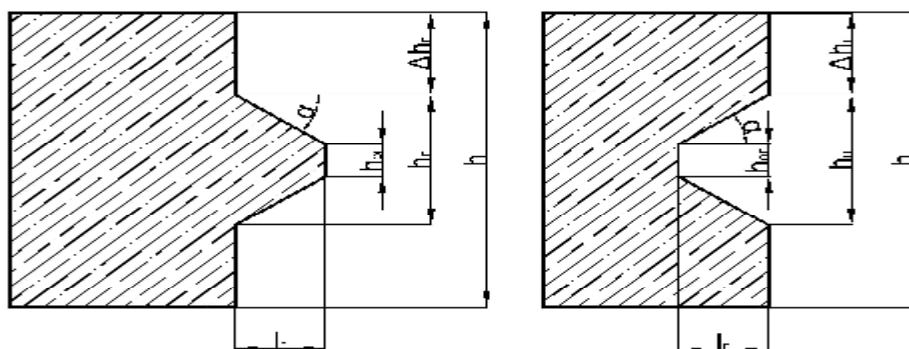


Рис. 4. К определению факторов влияния «параметры зацепления» на несущую способность пазогребневого узла плиты ССП

Методика определения несущей способности пазогребневого соединения

В условиях многофакторного влияния характеристик материала и параметров конструкции плиты ССП в реальных условиях производства принимается метод экспериментального определения несущей способности узлов ПАЗ и ГРЕБЕНЬ.

Для повышения наглядности метода определяется величина несущей способности плиты ССП с фиксированными размерами основной несущей части в плане $L_n \times L_r$, (причем $L_n = L_r$) и фиксированной толщины плиты h .

Объектом изучения является величина несущей способности F_n или F_r фрагмента плиты, вырезанного перпендикулярно плоскости элемента ПАЗ или ГРЕБЕНЬ. Это текущая (измеряемая) величина F_n и F_r . По ее величине судят о контрольной нагрузке в соответствии с ГОСТ 8829-84.

Факторами влияния принимаются фактическая (текущая) марка бетона M_i с совокупностью измеренных характеристик B_i , W_i , F_i , фактический вариант конструкция арматурного каркаса BAK_j с измеренными характеристиками арматурных стержней σ_i , E_i , d_i , и измеренными геометрическими характеристиками размещения каркаса относительно величин L_n , L_r , h .

Варианты конструкций арматурного каркаса BAK_j могут приниматься произвольно, но вносимые в них изменения должны обеспечивать либо необходимое усиление, либо целесообразное (допустимое) ослабление и удешевление в зависимости от получаемых результатов испытаний F_n и F_r .

Эти изменения вносятся в конструкцию каркаса исходя из общеинженерных представлений о прочностных характеристиках арматурных стержней и механике их работы в теле плиты.

Порядок реализации методики

Методика реализуется в соответствии с алгоритмом (рис. 5), определяющим порядок проведения испытаний, вычислений и проверок заданных условий.

Этап 1

После назначения рабочей нагрузки на плиту ССП P_n определяются все ее геометрические и конструктивные параметры, выбирается вариант арматурного каркаса BAK_j в соответствии с существующими и действующими нормами проектирования, назначается коэффициент запаса прочности, например, $k=2,0$.

Этап 2

Изготавливается необходимое количество фрагментов плит в виде полубалочек (консолей), выполненных из того же материала M_i , что и плита и имеющих толщину h и ширину l_n или l_r , определяемую в долях λ от L_n и L_r (например, λ от 0,1 до 0,25) в зависимости от конструкции армокаркаса BAK_j основной плиты. Этим обеспечиваются условия соблюдения геометрического подобия размещения составляющих стержней каркаса, определяющего идентичность его работы во фрагменте, как в плите.

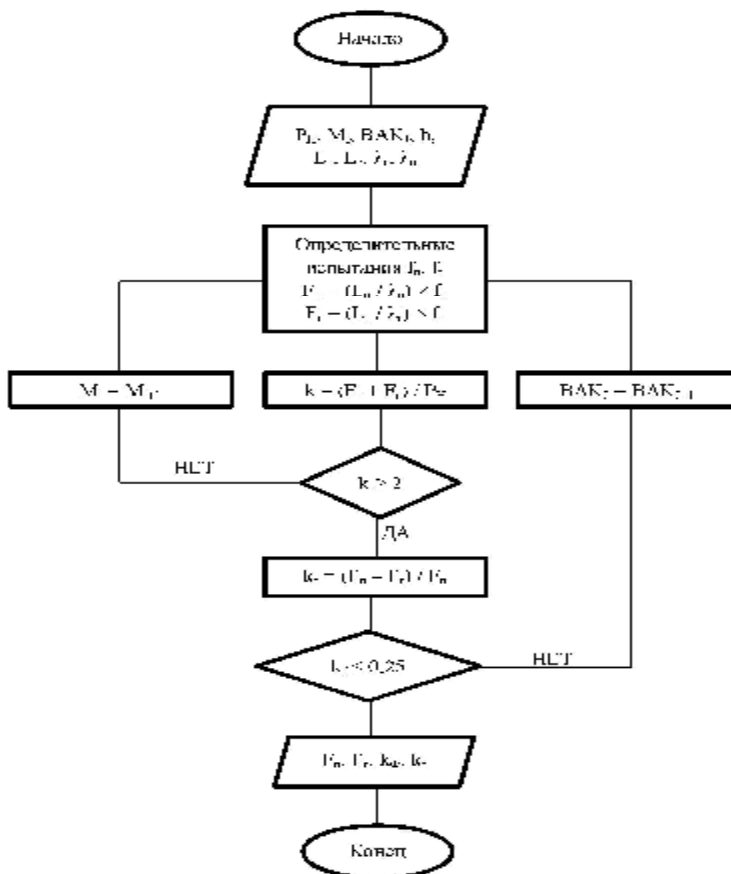


Рис. 5. Алгоритм методики определения несущей способности пазогребневого узла

Этап 3

Проводится серия испытаний фрагментов балочек элементов ПАЗ и ГРЕБЕНЬ. Получаются усредненные единичные (для ширины полубалочки) значения величин f_{n1} и f_{r1} . Эти значения пересчитываются на реальные несущие способности F_n и F_r для действительных размеров плиты L_n и L_r .

Этап 4

Рассчитывается рассогласование фактического коэффициента запаса прочности k_f с заданным $k=2$:

$$F_n + F_r / P_n \geq 2. \tag{1}$$

Этап 5

При соблюдении условия (1) работа продолжается и никаких действий не предпринимается, далее проверяется величина рассогласования несущей способности F_n и F_r элементов ПАЗ и ГРЕБЕНЬ.

При несоблюдении этого условия принимаются меры по усилению конструкции, например, применяется переход к более высокомарочным бетонам $M_i = M_{i+1}$. Процедура, в том числе – испытания новых фрагментов плит ССП, повторяется.

Этап 6

Рассчитывается, в каких пределах находится величина коэффициента неравномерности работы элементов пазогребневого узла k_f .

Этап 7

Если его величина не превышает заданную (например, $k_f \leq 0,25$), то никаких мер не принимается. Если это условие не соблюдается, то рассматриваются новые варианты компоновки и оснащения арматурного каркаса ВАК_г. Процедура, в том числе – испытания новых фрагментов плит ССП, повторяется.

Результаты испытаний [10] становятся основой для разработки проектных и эксплуатационных документов:

Испытания проводятся в соответствии с «Техническими условиями на изготовление ССП 1000×1000×150»:

1. Изготавливаются балочки – фрагменты с армированием массива заливки в один пояс.
2. Балочки – фрагменты «ПАЗ» и «ГРЕБЕНЬ» после набора прочности устанавливаются в оснастку (рис. 6) и испытываются «на скол» путем нагружения в гидравлическом прессе.

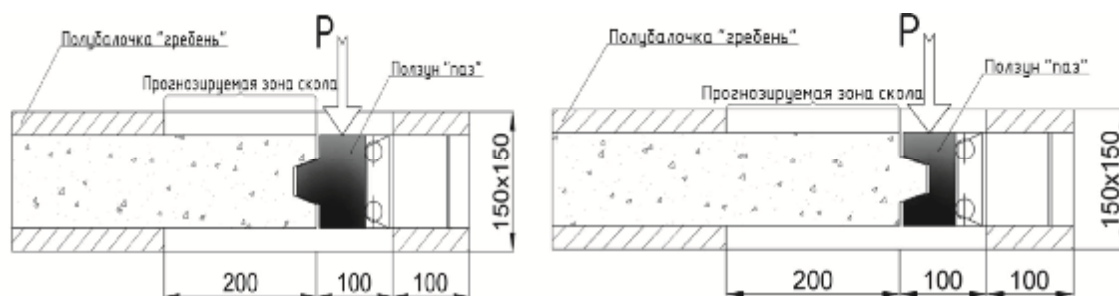


Рис. 6. Схема рабочих испытаний натуральных образцов фрагментов плиты ССП: ПАЗ (а) и ГРЕБЕНЬ (б) «на скол»

3. Испытывая необходимое количество образцов, определяют среднеарифметическое значение показателей F_n и F_r .
4. Результаты испытаний и расчеты несущей способности несущего элемента F_n и F_r заносятся в журнал протоколов.

Заключение

1. Рассмотрены условия работы плит с пазогребневым зацеплением от воздействия вертикальной нагрузки. За расчетный случай принят вариант безопорного защемления прямоугольной плиты между четырьмя смежными плитами.

2. Основная информация о величине несущей способности плиты получается методом испытания натуральных образцов (фрагментов) элементов «паз» и «гребень». Испытания проводятся с применением стандартного гидравлического оборудования.

3. Метод определения несущей способности может быть применен при организации производства пазогребневых плит для ССП или силового фальшпола.

Список библиографических ссылок

1. Бикбау М. Я. Дороги России: нужна новая технологическая основа // Точка опоры. 2010. № 106 С. 14–18.
2. Железобетонная плита сборного дорожного покрытия : пат. 2371536 Рос. Федерация. № 2007148878/03 ; заявл. 29.12.07; опубл. 27.10.09. Бюл. № 30. 3 с.
3. Система плит сборного дорожного покрытия : пат. 112682 Рос. Федерация. № 2011201113; заявл. 05.09.2011; опубл. 20.01.2012. Бюл. № 2. 3с.
4. Сборный силовой пол : пат. 169474 Рос. Федерация. № 2016129808 ; заявл. 20.07.2016; опубл. 21.03.2017. Бюл. № 9. 3 с.

5. Фальшпол : пат. 176733 Рос. Федерация. № 2017126488 ; заявл. 24.07.2017; опубл. 25.01.2018 Бюл. № 3. 3 с.
6. Pessiki S., Prior R., Sause R., Slaughter S. Review of existing precast concrete gravity load floor framing system // PCI Journal. 1995. Vol. 40. № 2. P. 52–67.
7. Abramski M., Albert A., Pfeffer R., Schnel J. Experimentelle und numerische untersuchungen zum tragverhalten von stahlbetondecken mit kugelförmigen hohlkörpern // Beton-undstahlbetonbau. 2010. № 6. 105. P. 349–361.
8. Hegger J., Roeser W. gutachten zur querkrafttragfähigkeit von stahlbetondecken mit cobiax-hohlkörpern. Hegger + partner, Aachen, 2008.
9. Ковригин А. Г., Маслов А. В., Грановский А. В. Сейсмическая безопасность стеновых панелей со связями СПА 7,5 // Строительные материалы. 2018. № 3. С. 41–44.
10. Отришко М. В. Обоснование методики испытаний преднапряженного сборного силового пола из пазогребневых плит : сб. тезисов докладов международной научно-технической конференции «Высокопрочные цементные бетоны: технологии, конструкции, экономика» (ВПБ-2016) / КГАСУ. Казань, 2016. С. 62.

Otrishko Maksim Viktorovich

general manager

E-mail: mtosu@mail.ru**LTD «Construction management CM-33»**

The organization address: 121354, Russia, Moscow, Dorogobuzhskaya st., 14/4

Method for determining the bearing capacity of prefabricated power coverings with grasping gears**Abstract**

Problem statement. The aim of this paper is to develop a method for determining bearing capacity of prefabricated power coating of plates with gearing «groove-ridge». Normative base of calculation of such coating is missing, and therefore requires scientific substantiation and development.

Results. Considered the working conditions of plates with gearing «groove-ridge», against the effects of vertical load. For current case adopted option unsupported pinching rectangular plates between the four adjacent slabs. Basic information about the size of the bearing capacity of the plates is obtained in situ test method test specimens (slices) of «groove» and «ridge». When the cooker is designed shall be calculated and shall be based on compliance with existing regulatory development.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is that the developed method for determining the load-bearing capacity can be used in the organization of the production of groove plates at the plant of reinforced concrete products. The design of tooling for the organization of the test plate elements in the factory proposed.

Keywords: prefabricated power coating, plate with gearing «groove-ridge», load-bearing capacity, method of determining the load-bearing capacity.

References

1. Bikbau M. Y. Roads of Russia: we need new technological framework // Journal fulcrum. 2010. № 106. P. 14–18.
2. Concrete slab precast pavement : patent 2371536 of the Rus. Federation. № 2007148878/03 ; decl. 29.12.07 ; publ. 27.10.09. Bul. № 30. 3 p.
3. A system of precast slabs of the pavement : patent 112682 of the Rus. Federation. № 2011201113 ; decl. 05.09.2011 ; publ. 20.01.2012. Bul. № 2. 3 p.
4. Modular power Paul : patent 169474 of the Rus. Federation. № 2016129808 ; decl. 20.07.2016 ; publ. 21.03.2017. Bul. № 9. 3 p.

5. Raised floor : patent 176733 of the Rus. Federation. № 2017126488 ; decl. 24.07.2017 ; publ. 25.01.2018. Bul. № 3. 3 p.
6. Pessiki S., Prior R., Sause R., Slaughter S. review of existing precast concrete gravity load floor framing system // PCI Journal. 1995. Vol. 40. № 2. P. 52–67.
7. Abramski M., Albert A., Pfeffer R., Schnel J. experimentelle und numerische untersuchungen zum tragverhalten von stahlbetondecken mit kugelförmigen hohlkörpern // Beton-Und Stahlbetonbau. 2010. № 6. 105. P. 349–361.
8. Hegger J., Roeser W. gutachten zur querkrafttragfähigkeit von stahlbetondecken mit cobiax-hohlkörpern. hegger+partner, aachen, 2008.
9. Kovrigin A. G., Maslov A. V., Granovsky A. V. Seismic safety wall panels with SPA/7.5 // Stroitel'nyye materialy. 2018. № 3. P. 41–44.
10. Otrishko M. V. Justification test methods of power of the precast prestressed partition plates : dig. of art. of international scientific and technical conference «High strength cement concretes: technology, design, economy» (HSB-2016) / KGASU. Kazan, 2016. P. 62.