

Раздел 4. Проблемы организации строительства

УДК 693.55

DOI 10.37279/2519-4453-2020-2-86-91

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВЫБОРА КАРТОННО-ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ КАК НЕИЗВЛЕКАЕМЫХ ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ

Пушкарев Б.А.¹, Буренина Н.Б.²

¹ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского, Академия строительства и архитектуры 295943 г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: boris_pushkarev@mail.ru

²ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского, Институт экономики и управления 295015, Российская Федерация, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 21/4, e-mail: n.burenina@mail.ru

Аннотация. В статье проведено исследование, направленное на поиск наиболее эффективной конструкции неизвлекаемых пустотообразователей с целью снижения веса и стоимости монолитных железобетонных балочных плит перекрытий. Выполнен подбор материалов для неизвлекаемого пустотообразователя на основании сравнения различных материалов по энергозатратам на их производство. Обоснована и предложена новая конструкция неизвлекаемого пустотообразователя с применением картонно-полиэтиленовой трубы круглого сечения. Даны рекомендации по параметрам пустотообразователя в зависимости от длины пролета плиты перекрытия. Применены методы тестирования, анализа, моделирования, изучения, сравнения и обобщения.

На основании сравнения совокупности свойств различных пустотообразователей (формы, прочности, жесткости, влагостойкости, объема замещения бетона, промышленной применимости, трудоемкости, энергозатратности) лучшим пустотообразователем оказался предлагаемый картонно-полиэтиленовый пустотообразователь, изготовленный из картонных труб круглого сечения покрытых полиэтиленовой плёнкой толщиной 0,045 мм.

Ключевые слова: картонно-полиэтиленовые неизвлекаемые пустотообразователи, монолитные железобетонные балочные плиты перекрытия, трудоемкость, жесткость, влагостойкость, прочность, энергозатраты, производство

ВВЕДЕНИЕ

Актуальной задачей в строительстве всегда было снижение стоимости выполненных работ. В последнее время стали обращать внимание на то, из каких источников сырья изготавливаются те или иные материалы: возобновляемых или невозобновляемых. К сожалению, железобетонные конструкции в основном изготавливаются из невозобновляемых источников сырья: щебня, песка, воды, цемента и железа. Воды в нашей стране пока хватает, а вот хорошего щебня и песка порой бывает в некоторых районах найти сложно. Не исключением является и Крым, где в настоящее время остро ощущается нехватка не только щебня, но и песка. Также остродефицитным ресурсом в регионе в последнее время является вода. Поэтому многие исследователи работают над поиском способа, который бы позволил существенно сократить расход материалов при изготовлении железобетонных конструкций, включая монолитные железобетонные балочные плиты перекрытия.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Многие исследователи в последнее время предлагали способы по снижению веса монолитных железобетонных плит перекрытия при помощи различных конструкций извлекаемых и неизвлекаемых пустотообразователей. Например, способ, приведенный в описании патента к полезной модели ВУ 7667 У 2011.10.30 Котенкова И.А., в котором «монолитная железобетонная плита перекрытия с пустотами вдоль рабочего пролета, армированная любыми видами каркасов или отдельными стержнями, отличающаяся тем, что пустоты образованы полиэтилентерефталовыми бутылками, объединёнными в цепь по длине, остающимися в теле плиты после бетонирования...» [1]. Также рассматривались способы, в которых предлагались неизвлекаемые ненадувные пустотообразователи, изготовленные из пластмассы, металла, листового картона, и надувные извлекаемые резиновые пустотообразователи, а также неизвлекаемые вставки из материалов, которые имеют вес меньше веса бетона: из керамики, керамзита, перлита, смеси деревянных опилок с цементом, туфа, влагостойкой фанеры, картона и других материалов. Не так давно широко рекламировалась технология устройства монолитных пустотных перекрытий с системой U-boot. Технология разработана итальянской фирмой DaliForm

и предусматривает применение неизвлекаемых пластмассовых коробов для устройства пустот в монолитной железобетонной плите перекрытия [2]. Пустотообразователь в изобретении О.Г. Прилуцкого согласно информации, изложенной в его реферате представляет собой «тонкостенную форму, изготовленную из листового материала, выбранного из картона, пластмассы и металла, с размещенной в ней, по крайней мере, одной ёмкостью из гибкого материала, выполненной, по крайней мере, с одним отверстием, указанную ёмкость перед заливкой опалубки бетонной смесью заполняют жидкостью через указанное отверстие для обеспечения прилегания ёмкости к внутренней поверхности формы под давлением этой жидкости, а после схватывания бетонной смеси указанную жидкость сливают из ёмкости, в качестве листового материала для формы можно использовать материал, выбранный из группы, содержащей картон, пластмассу или металл, а в качестве ёмкости – резиновую или пластмассовую оболочку, например полиэтиленовый пакет. В качестве заполняющей ёмкость жидкости используют преимущественно воду. Заполнение жидкостью ведется под давлением около 3 атмосфер. В случае изготовления строительного элемента со сквозными полостями после слива жидкости из ёмкости последнюю можно извлечь из формы... Достаточно простым и дешёвым вариантом является изготовление формы б из листа картона, который сворачивают в трубу, а затем смежные кромки соединяют встык или внахлест при помощи, например, клейкой ленты (скотча). Пустотообразователь создаётся ёмкостью для жидкости из резины или полиэтиленового пакета и водой, заливаемой в ёмкость под давлением около 3 атмосфер, которые и образуют пустотообразователь» [3]. Данный пустотообразователь имеет существенные недостатки: не гарантирует образования пустот проектных размеров, картонная форма не защищена от воздействия влаги со стороны укладываемого бетона, ёмкость для жидкости, изготавливаемая из резины или полиэтиленового пакета извлекается только после схватывания бетона. Способ Прилуцкого О.Г. достаточно сложный в исполнении и применении. Патент RU № 2488667 С2 (Мвартынов А.А. и др.), 27.07.13. [4]. В работе предложены пустотообразователи из пластмассы или влагостойкого картона прямоугольной формы для прокладки коммуникаций. Патент RU №49853 U1 (ООО «К-Регионстрой»), 10.12.2005 – предложена полезная модель многопустотной железобетонной плиты, в которой «пустоты образованы трубками, выполненными, например, из бумаги и пластика» [5]. ВУ № 8418 U (УО «БГТУ») 30.08.2012 – предложена полезная модель. «Пустотообразователь безбалочной плиты перекрытия выполнен в виде пластмассового, полого и герметичного тела вращения. В качестве тела вращения может быть использован шар» [6]. Эти способы не нашли применения на строительных объектах, так как предложенные в них пустотообразователи, изготавливаемые непосредственно на строительной площадке, имеют существенные недостатки: они дорогие – дороже замещаемого бетона, недостаточно жёсткие, что влечёт за собой изменение формы образываемых пустот, трудоёмкие в исполнении и в фиксации их в проектном положении. Из приведенных работ следует, что в последние годы ведётся поиск возможности облегчить монолитное перекрытие за счёт применения неизвлекаемых пустотообразователей, имеющих форму короба (Технология разработанная итальянской фирмой DaliForm) форму шара – патент ВУ № 8418 U (УО «БГТУ») от 30.08.2012, а также цилиндра [6]. Для изготовления пустотообразователя предлагалось использовать пластмассу, резину, картон, бумагу, влагостойкий картон и прочие материалы.

Предметом исследования является неизвлекаемый пустотообразователь для монолитных железобетонных балочных плит перекрытий, подбор формы и материалов пустотообразователя для максимально возможного замещения бетона пустотообразователем (пустотой), и при этом получения необходимой жесткости, влагостойкости пустотообразователя, промышленной применимости его изготовления.

Материалы и методы исследования. Выбор материалов для изготовления неизвлекаемого пустотообразователя выполнен на основе сравнения энергозатратности на их производство, оптимизацию формы, технологию изготовления и применения неизвлекаемого пустотообразователя. Применены методы тестирования, анализа, моделирования, изучения, сравнения и обобщения.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – обоснование целесообразности выбора наиболее эффективного неизвлекаемого пустотообразователя для монолитных железобетонных балочных плит перекрытий. Задача исследования - подобрать наиболее оптимальную форму пустотообразователя для обеспечения необходимой его жёсткости во время укладки монолитного бетона. При этом пустотообразователь должен отвечать следующим требованиям:

- как можно больше заместить бетон пустотой;
- обладать простотой изготовления и способностью фиксации его в конструкции монолитной плиты;
- быть влагостойким, промышленно применимым, изготавливаться механизировано;
- быть наименее трудоёмким и экономически эффективным в изготовлении и установке.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Стоимость материалов пустотообразователей определялась по методу, предложенному инженером Н.Н. Никоновым [7] – по энергозатратности для их изготовления. В таблице 1 приведены данные, из которых следует, что наилучшим в экономическом отношении является сочетание картона и полиэтилена.

Таблица 1.
Сравнение материалов для изготовления пустотообразователей

Материалы	Энергия необходимая для производства 1 т материала	Плотность 1м ³ материала	Количество материала (в т) на 1 пог. м трубы \varnothing 159 мм необходимой прочности	Итого энергозатрат	Занятое место по наименьшим энергозатратам
Углеводистые композиты	4000	1,2	0,005	24	7
Алюминий	250	2,7	0,001	0,675	6
Стекло	24	4	0,004	0,384	5
Сталь (мягкая)	60	7,8 т	0,00546	0,3276	4
Бетон	4	2,2	0,02	0,176	3
Керамика	4	1,6	0,01	0,064	2
Дерево (картон)	1	0,6	0,006	0,006	1
Полиэтилен	45	1,2	0,0001	0,0045	

Результаты проранжированы в порядке убывания энергозатратности. Конечно, в приведенных расчётах приняты некоторые допущения, которые незначительно влияют на конечный результат.

При выборе формы пустотообразователя были рассмотрены три варианта: шарообразная форма, трубчатые с овальной и круглой формой сечения, рисунки 1 и 2.

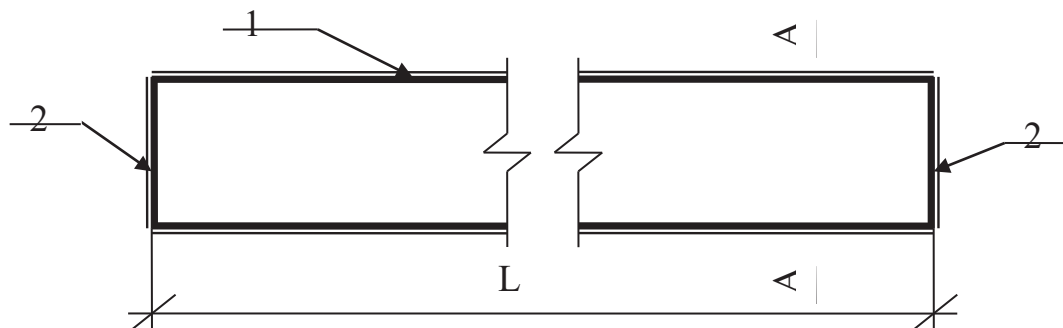


Рис. 1. Неизвлекаемый картонно-полиэтиленовый пустотообразователь: 1 – картонно-полиэтиленовая труба, 2 – картонно-полиэтиленовая крышка

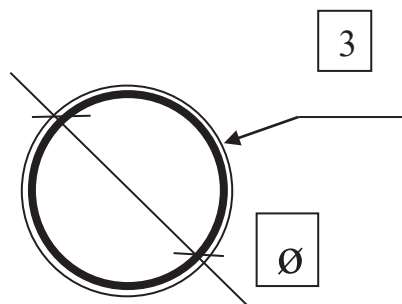


Рис. 2. Сечение А-А: 3 – полиэтиленовая плёнка

Шарообразная форма пустотообразователя позволяет заместить до 29% бетона, овальная - до 50% и круглая - до 43,5%. Шарообразный пустотообразователь имеет наименьший показатель по замещаемости бетона, кроме того, способ фиксации пустотообразователя при помощи рабочего каркаса создаёт участки арматуры, незащищённые бетоном, то есть участки, где ослаблена совместная работа бетона и арматуры. Материал, из которого в настоящее время изготавливают шары, – пластмасса. Трубчатый овального сечения из картонно-полиэтиленовой трубы имеет наилучший показатель по замещаемости бетона. Однако по сравнению с трубчатым круглого сечения пустотообразователем на изготовление для обеспечения неизменяемой его формы во время укладки бетона необходимо расходовать больше картона и труда (на увеличение толщины картона и применение дисков жёсткости). Кроме того, укладка бетона под таким пустотообразователем затруднительна.

Проанализируем результаты применения пустотообразователей диаметром 16 см для балочной плиты длиной 6,3 м шириной 1,05 м и толщиной 0,22 м. Пустотообразователи расположим с отступом от краёв плиты на 37 см, т.е. длина плит в месте размещения пустотообразователей составит $6,3 - 0,37 - 0,37 = 5,56$ м.

Объём замещения бетона шаром $\varnothing = 0,16$ м составит:

$$V_{ш} = 4/3 \cdot \pi R^2 = 4/3 \cdot 3,14 \cdot 0,08^3 = 0,0021435 \text{ м}^3.$$

Количество шаров в 1 п.м. $100/16 = 6,25$ шт. Всего шаров принятых в расчёте для плиты шириной $1,05 \text{ м}^2$ и длиной 5,56 м составляет ≈ 173 шт.

Объём бетона, который может быть замещен неизвлекаемым пустотообразователем шаровой формы в плите принятых размеров, составляет $V_{п} = 0,0021435 \cdot 173 = 0,3708255 \text{ м}^3$ или в процентном отношении в целом для плиты

$$0,3708255 / (6,3 \cdot 0,22 \cdot 1,05) \cdot 100\% = 0,379697 / 1,4553 = 0,2548103\%.$$

Объём замещения бетона неизвлекаемым пустотообразователем цилиндрической формы

$\varnothing = 0,16$ м для плиты составляет:

$$V = \pi R^2 \cdot 5 \cdot 5,56 = 3,14 \cdot 0,08 \cdot 0,8 \cdot 5 \cdot 5,56 = 0,5586688 \text{ м}^3$$

или в процентном отношении в целом для плиты $0,5586688 / 1,4553 \cdot 100\% = 0,3838856\%$.

Применение неизвлекаемых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей значительно снижает показатели расхода арматуры и бетона на 1 м^2 монолитного железобетонного балочного перекрытия и приближает их к показателям расхода бетона и арматуры сборных плоских плит перекрытий с круглыми пустотами.

Толщина монолитной плиты перекрытия, диаметр пустотообразователя, толщина картона и полиэтилена принимаются в зависимости от длины расчётного пролёта, расчётных нагрузок и допустимых деформаций, а также на основании экспериментальных данных. Местоположение пустотообразователей по вертикали определяется расчётом.

Рекомендуемые параметры материалов для изготовления неизвлекаемых пустотообразователей длиной до 6 м приведены в таблице 2.

Таблица 2.
Рекомендуемые параметры пустотообразователя в мм

L – длина пустотообразователя	Ø - диаметр пустотообразователя	δ_k – толщина картона	δ_c – толщина полиэтилена	Примечание
6000	159	5	0,045	Параметры пустотообразователя зависят от толщины монолитной железобетонной плиты и длины её пролета
3000	110	4	0,045	
2000	75	2	0,045	

С учётом всех приведенных факторов, неизвлекаемый трубчатый круглого сечения пустотообразователь, изготовленный из картона 1 и покрытый гидроизолирующей полиэтиленовой плёнкой 3 толщиной 0,045 мм (см. рис. 1), (при этом концы труб для предотвращения попадания бетона и воды внутрь пустотообразователя закупориваются картонно-полиэтиленовыми крышками 2, (см. рис 2.)), который изготавливается на картонных фабриках, является наиболее эффективным. Следует отметить, что с появлением на рынке водоотталкивающих растворов возможна замена полиэтилена, как гидроизолятора, на эти растворы.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Предложенный способ позволяет создать при помощи неизвлекаемых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей в монолитных железобетонных балочных плитах перекрытия круглые пустоты любых диаметров достаточно жестких и точных форм. Сокращение расхода бетона и арматуры при изготовлении монолитных железобетонных балочных плит перекрытия с применением картонно-полиэтиленовых пустотообразователей круглого сечения ведет не только к снижению их стоимости, но и к снижению веса этих конструкций и всего здания, что в свою очередь значительно улучшает несущую способность этих конструкций и здания в целом. Поэтому задача применения неизвлекаемых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей при изготовлении монолитных железобетонных балочных плит перекрытий является актуальной.

Предлагаемый картонно-полиэтиленовый пустотообразователь предназначен для изготовления монолитных плоских плит перекрытий при опоре их на две стороны с расчётным пролётом 6 м и более в различных районах, включая сейсмические.

Картонно-полиэтиленовые пустотообразователи круглого сечения прошли экспертизу Федерального Института Промышленной Собственности одновременно с рассмотрением «Способа изготовления монолитных железобетонных балочных плит перекрытий с круглыми пустотами с применением неизвлекаемых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей», на который получен патент № 2634156 [8].

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перспективы дальнейших исследований заключаются в разработке монолитных железобетонных конструкций с применением трубчатых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей круглого сечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котенков, И.А. Многопустотная железобетонная плита перекрытия // Патент России ВУ № 7667 У. 10.30.2011.
2. Монолитные пустотные перекрытия. Обсуждение новой технологии, опыт применения // Строительный форум. Конструкции железобетонные [Электронный ресурс]. URL: www.proektant.oro (дата обращения 15.12.2019).
3. Прилуцкий, О.Г. Способ изготовления монолитного строительного элемента // Патент России № 2243889 С 2. 10.01.2005.

4. Мартынов, А.А. и др. Пустотообразователь из пластмассы или влагостойкого картона прямоугольной формы для прокладки коммуникаций // Патент России № 2488667 С2. 27.07.13.

5. ООО «К-Регионстрой». Полезная модель многопустотной железобетонной плиты, в которой пустоты образованы трубками, выполненными, например, из бумаги и пластика // Патент RU № 49833 U1. 10.12.2005.

6. УО «БГТУ». Полезная модель. «Пустотообразователь безбалочной плиты перекрытия, выполнен в виде пластмассового полого и геометрического тела вращения. В качестве тела вращения может быть использован шар» // Патент России ВУ8418 U. 30.08.2012.

7. Никонов, Н.Н. Введение в специальность. Восемь лекций о профессии: учеб. пособ. / Н.Н. Никонов. – М.: Издательство Ассоциация строительных вузов. 2005. – 272 с.

8. Пушкарев, Б.А. Способ изготовления монолитных железобетонных балочных плит перекрытий с круглыми пустотами с применением неизвлекаемых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей // Патент № 2634156 С2. 24.10.17.

EXPEDIENCY OF CHOICE OF CARDBOARD-POLYETHYLENE PIPES OF ROUND SECTION AS UNEXTRACTIVE PUSTOTOOBRAZOVATELEJ FOR MONOLITHIC REINFORCE-CONCRETE BEAM FLAGS OF CEILING

Pushkarev B.A., Burenina N.B.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea

Annotation. A study sent to the search of the most effective construction of unextractive pustotoobrazovatelja with the purpose of decline of weight and cost of monolithic reinforce-concrete beam flags of ceiling is undertaken in the article. The selection of materials is executed for unextractive pustotoobrazovatelja on the basis of comparison of different materials on energy consumptions on their production. The new construction of unextractive pustotoobrazovatelja is reasonable and offer with the use of cardboard-polyethylene pipe of round section. Recommendations are given on the parameters of pustotoobrazovatelja depending on length of flight of ceiling flag. The methods of testing, analysis, design, study, comparison and generalization are applied.

On the basis of comparison of totality of properties of different pustotoobrazovatelej (form, durability, inflexibility, moisture resistance, volume of substituting for a concrete, industrial applicability, labour intensiveness, jenergozatratnosti) the best pustotoobrazovatelem appeared offered cardboard-polyethylene pustotoobrazovatel' made from the cardboard pipes of round section covered by polyethylene tape in 0,045 мм thick.

Keywords: cardboard-polyethylene unextractive pustotoobrazovатели, monolithic reinforce-concrete beam flags of ceiling, labour intensiveness, inflexibility, moisture resistance, durability, energy consumptions, production.