

УДК624.012.4-183.4;624.94.014.2

**ПЕНОБЕТОН И ЛЕГКИЕ СТАЛЬНЫЕ ТОНКОСТЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ  
В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ****Р.А. РАДКЕВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЕВА;  
канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЕВ)*

*Рассматриваются быстровозводимые каркасные и бескаркасные технологии строительства зданий и сооружений. Показаны конструкции покрытий и перекрытий из пенобетона и легких стальных тонкостенных конструкций. Рассматривается вопрос возможности учета совместной работы легких стальных конструкций и пенобетона.*

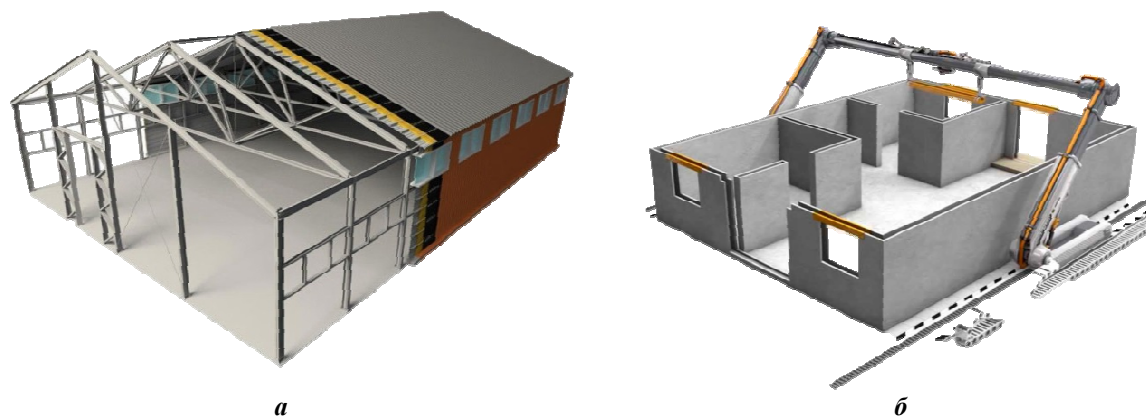
Инновационные технологии позволяют значительно упростить любые процессы. Не является исключением и строительная отрасль. Сегодня возводить сооружения и строить дома можно гораздо быстрее, легче и дешевле благодаря быстровозводимым конструкциям. Подобные сооружения строятся в короткие сроки с минимальными трудозатратами [1; 2]. При этом технические новшества оказали влияние на разного рода конструкции, что привело к снижению их массы и стоимости изготовления, а также сокращению времени монтажа при сохранении прежней несущей способности и эксплуатационных качеств [3].

Среди строительных технологий, используемых для сооружения быстровозводимых домов, можно выделить каркасные и бескаркасные (рисунок 1). В свою очередь, к каркасным технологиям можно отнести:

- строительство из лёгких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). С применением легкого оцинкованного профильного листа [4];
- строительство из легких металлических конструкций (ЛМК);
- технологии с использованием гофробалок, бистальных балок, предварительно-напряженных балок, балок с ортотропной плитой;
- тентовые конструкции и другие.

К бескаркасным технологиям относятся:

- арочная технология;
- строительство домов методом 3D-печати [5] и другие.



**а – каркасная [4]; б – бескаркасная [5]**

**Рисунок 1. – Технологии быстровозводимых зданий и сооружений**

В таблице 1 приводится сравнение отдельных видов технологий при строительстве зданий: из металлических конструкций, кирпича, монолитного бетона и панелей [2].

Как видно из таблицы 1, наилучший результат по соотношению показателей характерен для зданий и сооружений с металлическим каркасом.

Одним из видов металлических каркасов являются ЛСТК, которые с каждым годом становятся все популярнее [2; 6–8]. Основным достоинством каркасов из ЛСТК является индустриальность. Каркасы зданий поставляются на строительную площадку в виде готовых к монтажу наборов промаркированных деталей, снабженных монтажными схемами и инструкциями. Конструкции из тонкостенных каркасов имеют небольшой вес, что позволяет использовать фундаменты мелкого заложения.

Стоит также отметить, что дом, построенный из ЛСТК, практически не имеет строительных отходов. При строительстве используются гипоаллергенные материалы, которые безопасны для здоровья человека и окружающей среды [2; 7; 8].

Таблица 1. – Сравнение отдельных видов технологий возведения

| Характеристика                                 | Строительство на металлокаркасе | Кирпичное строительство | Монолит-бетон | Панельное строительство |
|------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|
| Средний срок строительства 6-этажного дома     | 4–6 месяцев                     | 10–12 месяцев           | 8–10 месяцев  | 6–8 месяцев             |
| Среднее соотношение стоимости строительства    | 1                               | 2                       | 1,5           | 1,2                     |
| Среднее соотношение стоимости отделочных работ | 1                               | 1,5                     | 1,5           | 1,5                     |
| Среднее соотношение приведенных трудозатрат    | 1                               | 2                       | 1,5           | 1,2                     |
| Среднее соотношение энергозатрат на отопление  | 1                               | 1,5                     | 1,5           | 1,3                     |
| Возможность легкого фундамента                 | да                              | нет                     | нет           | нет                     |

В качестве утеплителя для систем ЛСТК используют минераловатные базальтовые маты и плиты, стекловату, эковату или другие волокнистые изоляционные материалы [8]. Также широкое распространение при возведении ЛСТК получил пенобетон, который представляет собой легкий пористый искусственный каменный материал на цементном вяжущем.

Монолитный пенобетон абсолютно негорюч и применяется в огнезащитных конструкциях, создает монолитный слой теплоизоляции и может быть залит в конструкции практически любой формы, долговечен и экономичен по цене [9]. Немаловажной представляется и возможность получения пенобетона при любых погодных условиях.

При совместном использовании ЛСТК и пенобетона из всех видов антикоррозионной защиты стали оцинковка является наилучшей, так как обеспечивает механическую защиту от оксидантов, высокую адгезию к пенобетону, катодную защиту железа благодаря избыточным электронам цинка [2].

Сочетание лёгких стальных тонкостенных конструкций и монолитного пенобетона позволяет строить здания такого уровня качества, которое может предложить редкая отечественная или зарубежная технология. Прочные, надёжные и долговечные сооружения идеально подойдут как для частного проживания, так и для коммерческого использования [10].

Наиболее массовыми конструкциями в зданиях и сооружениях являются изгибаемые элементы, такие как балки, плиты покрытия и перекрытия. Конструкции покрытий и перекрытий из легкого пенобетона весьма разнообразны. Это сочетание пенобетона с гофрированным листом, используемым в качестве несъемной опалубки, расположенным в объеме бетона с гибкими промежуточными опорами из С-образного профиля. А также перекрытия из С-образного профиля или ферм из него, залитые пенобетоном (рисунок 2).

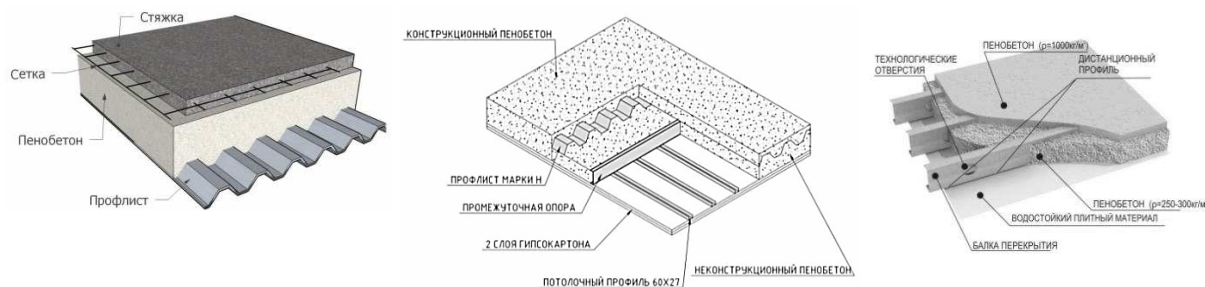


Рисунок 2. – Варианты плитных конструкций с совместным использованием ЛСТК и пенобетона [3; 4]

Несмотря на столь широкую распространенность подобных конструкций, на сегодняшний день имеются определенные неясности в нормативно-технических документах по расчету конструкций покрытий и перекрытий из пенобетона и легких профилей; неясно, как учитывать совместную работу ЛСТК с пенобетоном. Данный аспект нуждается в дополнительном изучении [11]. Можно предположить, что учет совместного использования пенобетона и ЛСТК в расчетах позволит сэкономить на материалах стальных конструкций, за счет подбора профилей меньшего сечения [10].

Подобного рода исследования проводятся в России, Беларуси, Украине, Польше и др. [2; 7; 8]. В Полоцком государственном университете проводятся исследования совместной работы пенобетона с легкими стальными тонкостенными конструкциями на примере изгибаемых элементов, а именно плит покрытий.

Анализ изученного материала позволяет сделать следующие *выводы*:

- 1) здания из металлического каркаса являются весьма востребованными и выгодными по сравнению с кирпичными, панельными и монолитными;
- 2) здания и сооружения, построенные из ЛСТК, практически не имеют строительных отходов, безопасны для здоровья человека и окружающей среды;
- 3) сочетание ЛСТК и легких бетонов позволяет повысить скорость строительства, а также значительно уменьшить нагрузку на фундамент;
- 4) нормативно-техническая база по расчету конструкций из пенобетона и ЛСТК нуждается в дополнении в плане учета совместной работы пенобетона и ЛСТК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быстровозводимые здания: основные преимущества и недостатки [Электронный ресурс] // Все просто : журн. – Режим доступа: <http://vseprostoy.ru/byistrovozvodimyye-zdaniya-osnovnyie-preimushhestva-i-nedostatki/>. – Дата доступа: 02.10.2017.
2. Пинскер, В.А. СТО 82866678-3.01.01-2013 / В.А. Пинскер, В.П. Вылегжанин, Н.О. Куликова. – СПб. : АНДРОМЕТА, 2013. – 8 с.
3. Вербицкий, И.О. Применение металлического профилированного листа в качестве несущего элемента монолитных перекрытий из пенобетона : дис. ... магистра техн. наук / И.О. Вербицкий. – М., 2016. – 7 с.
4. Быстровозводимые промышленные здания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dvutavr.com.ua/bmz/promyishlennyye-zdaniya>. – Дата доступа: 14.10.2017.
5. Печать зданий на 3D-принтере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://snip1.ru/pechat-zdanij-na-3d-printere/>. – Дата доступа: 17.01.2018.
6. Кирницкая, А. Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК): описание, плюсы и минусы, технология строительства [Электронный ресурс] / А. Кирницкая. – Режим доступа: <https://www.syl.ru/article/328996/legkie-stalnyie-tonkostennyye-konstruktsii-lstk-opisanie-plyusy-i-minusyi-tehnologiya-stroitelstva>. – Дата доступа: 28.11.2017.
7. Борзова, М.К. Конструкция каркасных зданий с применением монолитного пенобетона / М.К. Борзова, Н.И. Ватин, М.Р. Гарифуллин // Строительство уникальных зданий и сооружений : сборник. – СПб. : С.-Петерб. политех. ун-т, 2015. – С. 77.
8. Калафат, К. Противопожарное проектирование легких стальных тонкостенных конструкций / К. Калафат, Л. Вахитова. – Киев : Укр. центр стального стр-ва. – 5 с.
9. Лундышев, И. Почему пенобетон [Электронный ресурс] / И. Лундышев. – Режим доступа: [http://www.sovbi.ru/ru/penobeton/why\\_penobeton.php](http://www.sovbi.ru/ru/penobeton/why_penobeton.php). – Дата доступа: 29.11.2017.
10. ЛСТК и монолитный пенобетон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.profstaldom.ru/lstk-articles/lstk-i-monolitnyj-penobeton/>. – Дата доступа: 15.12.2017.
11. Рыбаков, В.А. Основы строительной механики легких стальных тонкостенных конструкций / В.А. Рыбаков. – СПб. : С.-Петерб. политех. ун-т, 2011. – 7 с.