

Новое в жилищном строительстве за рубежом Часть II

О.Л. Фиговский, А.З. Штейнбок

Israel Association of Inventors, Haifa, Israel

Аннотация: Развитие - необходимая составляющая процессов, происходящих вокруг нас, без которой становится невозможным повышение качества нашей жизни. В данной статье речь пойдет о инновациях в строительстве, но только тех, которые являются не просто нововведением, а скорее необходимой составляющей, позволяющей вывести процесс и экономику строительства на более высокий уровень, а, проще говоря, являются двигателем развития отрасли. Итак, рассмотрим несколько инноваций, которые, при использовании их в серийном производстве, смогут значительно упростить, ускорить и удешевить метод возведения зданий.

Ключевые слова: строительство, инновации, 3D печать, модульное строительство, инновационные кирпичи, бетон, пластик, гибридные конструкции, дерево, полые элементы, пластик, композитные шпалы, фундаменты, облицовка, алюминий, керамика, зеленое строительство, экоплавучие дома.

Продолжение. Начало работы опубликовано под тем же названием в предыдущем выпуске журнала [«Инженерный вестник Дона» № 9, 2020 г.](#)

Шпалы для скоростных железных дорог из полимербетона.



Рис. 15: Железнодорожный путь с железобетонными шпалами

В настоящее время на ж/д мира применяется несколько типов шпал:

- Деревянные
- Железобетонные
- Стальные
- Полимерные (пластиковые)

Новая технология получения шпал основана на инновационной технологии [13]:

- для изготовления шпал применять новый высокопрочный бетон на основе полимерного связующего – жидкого каучука (Полибутадиен).
- заменить обычную металлическую арматуру синтетическую
- использовать дисперсное армирование бетона (защищено патентом США)

Полимербетон это резинобетон защищенный патентом США [14]. Резинобетон – это первый в мире полимербетон, где в качестве связующего материала используется не эпоксидная, полиэфирная или фурановая смола, а жидкий каучук (полибутадиен). Такой бетон имеет прочность на сжатие до 90 МПа и на растяжение до 30 МПа. (Что особенно важно, так как этот показатель прочности на растяжение значительно превосходит прочность на растяжение обычного бетона на цементе портланд). Его водопоглощение не более 0,06%. Резинобетон обладает высокой химической стойкостью, как в щелочах, так и в кислотах. Собственно связующее резинобетона может применяться как самостоятельное химически высоко-стойкое защитное покрытие, обладающее высокой адгезией к стали (до 11.5 МПа при отрыве) и работоспособное до температуры 95⁰ С [15-18]. Стоимость жидкого полибутадиена в 2 раза ниже эпоксидных смол и в 2,5 раза ниже виниловых полиэфирных смол. Благодаря своей эластичности, резинобетон устойчив к динамическим нагрузкам и не создаёт трещин.

Несмотря на высокие прочностные характеристики полимербетона, тяжелый режим работы шпал при динамических нагрузках от подвижного состава, предполагает появление деформаций и раскрытие трещин в том числе. По этой причине, а также для экономии металла (химически не устойчив и подвержен коррозии, что сокращает период использования), способ изготовления шпал из полимербетона включает укладку полимерной композиционной арматуры на основе термопластов с достаточно высокой температурой стеклования.

В настоящее время имеется достаточно большое количество патентов, где предлагаются варианты композитной стеклопластиковой арматуры. Техническим результатом при использовании этого изобретения является получение композитной арматуры, обладающей высокими прочностными и деформационными характеристиками, в том числе близкими или равными характеристикам обычной стальной арматуры (предел прочности 400 – 500 МПа, модуль упругости 200 ГПа), способной к изгибу при локальном нагревании без ухудшения прочностных свойств в месте изгиба, повышение безопасной температуры эксплуатации до значений, сопоставимых с со значениями для обычной стальной арматуры (500 градусов по Цельсию), обладающей высокой коррозионной стойкостью, малым весом, позволяющим снизить массу армированных конструкций.

Указанный результат достигается тем, что композитная арматура состоит из полимерной матрицы и равномерно расположенных в ней в определенном порядке армирующих продольных нитей (пучков нитей) низко модульных и высоко модульных волокон. Полимерная матрица выполнена из одного из конструкционных термопластичных полимеров: полиэтилентерефталата (ПЭТ), полиметилметакрилата (ПММА), полипропилена (ПП) и другие. Или их комбинации и модифицирующие добавки. Для необходимого сцепления с бетоном на поверхности стержня выполняются кольцевые ребра путем формирования при изготовлении стержня до его отверждения.

Предыстория:

Изначально для укладки рельсовых путей использовались деревянные шпалы. Для предотвращения процесса гниения, древесину этих шпал приходилось пропитывать антисептиком – креозотом. Пропитка креозотом значительно удлиняет срок службы шпал, но все равно каждые 5 – 15 лет деревянные шпалы приходят в негодность. При этом возникает необходимость замены этих шпал! Срок службы деревянных шпал зависит от климатических условий и режима эксплуатации. Кроме того, что для изготовления шпал приходится вырубать лес в больших количествах, так еще и креозот проникая в почву наносит большой и непоправимый вред окружающей среде. Особенно остро стоит вопрос утилизации старых шпал. Утилизация деревянных шпал представляет собой большую и не разрешимую проблему, т.к. ежегодно по всему миру изымается из эксплуатации огромное количество шпал.

В результате, деревянные шпалы начали замещать более долговечными, но и более дорогими железобетонными шпалами [19]. А в некоторых случаях на подъездных путях предприятий, где преобладают высокотемпературные технологические процессы, применяются стальные шпалы [19]. Следующим, можно сказать эволюционным, этапом развития этой отрасли являются пластиковые – композиционные шпалы.

Сегодня производство пластиковых - композитных шпал наиболее интенсивно развивается в США с их самым большим в мире рынком железнодорожных шпал. С 1998 года ведущие железнодорожные компании США Chicago Transit и Union Pacific Railroad начали испытания шпал, изготовленных из отходов полиэтилена низкого давления высокой плотности. Производители используют различные технологии, но в основе их лежит обработка смешанного не промытого, переработанного полиэтилена высокой плотности и метод литья под давлением в закрытых пресс-формах. Большинство процессов требует большого количества оборудования и долгого простоя этого оборудования для профилактики. Формы очень медленно заполняются и медленно остывают. Тестирование этих шпал продолжается и в настоящее время.

Шпалы из обычного железобетона на портландцементе можно считать прототипом шпал из полимербетона. Геометрия таких шпал и системы закрепления рельсов уже давно оптимально отработаны, и проверены на практике. В виду чего есть смысл использовать в технологии полимербетонных шпал эти оптимальные параметры и наработки от существующих шпал прототипов. А учитывая некую схожесть технологических процессов изготовления шпал из полимербетона и шпал прототипов, в новой технологии можно полностью использовать стальную опалубку от железобетонных шпал. Т.е. для изготовления шпал из полимербетона можно использовать опалубку шпал из обычного железобетона.

Производство пластиковых, композитных шпал в мировой практике:

Сегодня производство композитных шпал наиболее интенсивно развивается в США с их самым большим в мире рынком железнодорожных шпал. С 1998 года ведущие железнодорожные компании США Chicago Transit и Union Pacific Railroad начали испытания шпал, изготовленных из отходов полиэтилена низкого давления высокой плотности.

Производители используют различные технологии, но в основе их лежит обработка смешанного не промытого, переработанного полиэтилена высокой плотности и метод литья под давлением в закрытых пресс-формах. Большинство процессов требует большого количества оборудования и долгого простоя этого оборудования для профилактики. Формы очень медленно заполняются и медленно остывают. Тестирование этих шпал продолжается и в настоящее время.

Возведение многоэтажных зданий с помощью сборных элементов являющимися не съёмной опалубкой

Эта технология строительства для ускоренного процесса возведения многоэтажных зданий жилищного, административного и общественного назначения, подтверждена патентом [20].

По этой технологии, стены многоэтажных зданий выполняются из готовых железобетонных или деревянных панелей. Панели являются готовыми стенами, с облицовкой. Т.е. геометрия панелей/стен разработана таким образом, что на монтаже в местах вертикального стыка между панелями автоматически образуется полость. Эта полость является готовой трехсторонней опалубкой для устройства монолитных железобетонных колонн каркаса. В эти полости устанавливается арматура и заливается бетон. Горизонтальные перекрытия: устанавливается сборная железобетонная тонкостенная ребристая несъемная опалубка для монолитного перекрытия, укладывается арматура и заливается бетон. На следующих этажах устанавливаются панели подобным способом, полости над бетоном и получаем бетонная каркасная конструкция здания.

Таким образом, здание выполняется с помощью неразборной опалубки, нет необходимости в облицовочных работах [21].

Процесс возведения очередного этажа здания можно разделить на три этапа :

1. Транспортировка и монтаж элементов, и их временное раскрепление с помощью подкосов
2. Устройство стыков стеновых панелей, т.е. устройство горизонтальных монолитных поясов, (если есть необходимость увеличения жесткости, в местах вертикальных связей), и устройство вертикальных стыковочных монолитных колонн.
3. Устройство монолитного железобетонного перекрытия по несъемной сборной железобетонной опалубке.
 - Армирование перекрытия в соответствии с проектным решением.
 - Бетонирование перекрытия, укладка бетонной смеси.

В соответствие со вторым этапом процесса возведения очередного этажа, после монтажа пространственных конструкций и их временного раскрепления выполняется стыковка (см. рис. 16). Т.е. устройство жесткой

связи стеновых панелей между собой в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Горизонтальные стыки выполняются как монолитные железобетонные пояса, которые жестко связывают между собой верхние и нижние стеновые панели.

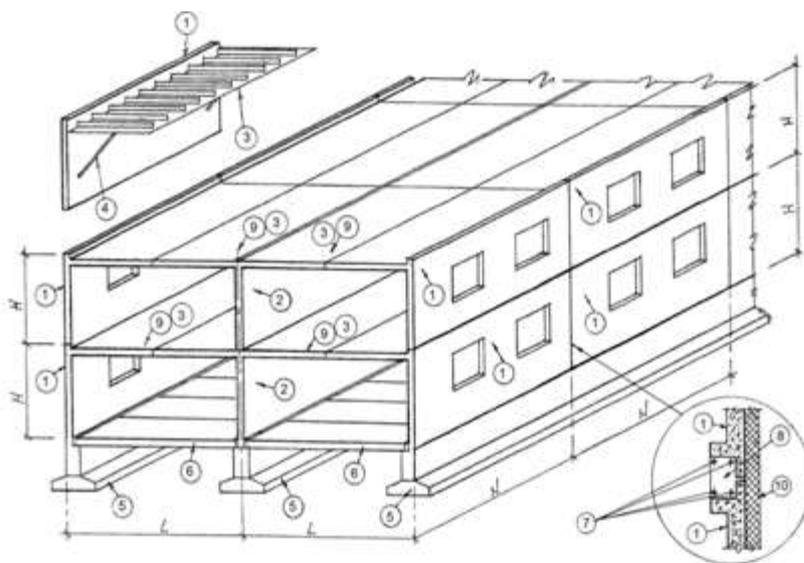


Рис. 16: Схема возведения здания с помощью пространственных элементов и узел вертикального стыка наружных стеновых панелей [21].

1-сборная железобетонная стеновая панель, наружная; 2 -сборная железобетонная стеновая панель, внутренняя; 3 - сборная железобетонная тонкостенная ребристая несъемная опалубка для монолитного перекрытия; 4 - временный опорный и соединительный монтажный элемент; 5 - фундаменты; 6 - перекрытие по технологии монолитного или сборного строительства; 7 - стальная продольная арматура монолитной стыковочной колонны; 8 - монолитная стыковочная колонна; 9 - перекрытие монолитное по несъемной сборной железобетонной опалубке; 10 - утеплитель наружных стеновых панелей.

Для этой цели по верху и по низу стеновых панелей предусматриваются арматурные выпуски. Вертикальные стыки между стеновыми панелями выполняются по типу монолитных железобетонных колонн с непрерывным вертикальным армированием.

Железобетонные панели стен

В качестве основного конструктивного решения, предлагается расчетная схема с несущими стенами, жесткими дисками монолитных перекрытий, и ядрами жесткости.

Несущие стены (зажаты) между монолитными соединительными колоннами, и могут иметь как продольное, так и поперечное направление.

В качестве ядер жесткости могут использоваться лестничные клетки, лифтовые шахты. Вертикальные связи, т.е. определенные участки стеновых панелей, жестко перевязанные горизонтальными поясами, вертикальными монолитными соединительными колоннами, и монолитными перекрытиями. Тоже могут рассчитываться на нагрузки от воздействия горизонтальных сил.

Гибкость новой технологии обеспечивает возможность изменения конструктивной схемы, что в свою очередь создает возможность комбинировать варианты конструктивных схем, например (см. рис. 17):

Каркасная схема связевого типа.

Каркасная схема рамного типа.

Конструктивная схема с полным каркасом.

Конструктивная схема с неполным каркасом.

Каркасная схема в пределах одного или нескольких этажей.

Варианты комбинаций обширны, есть возможность интеграции новой технологии с технологией строительства монолитного типа.

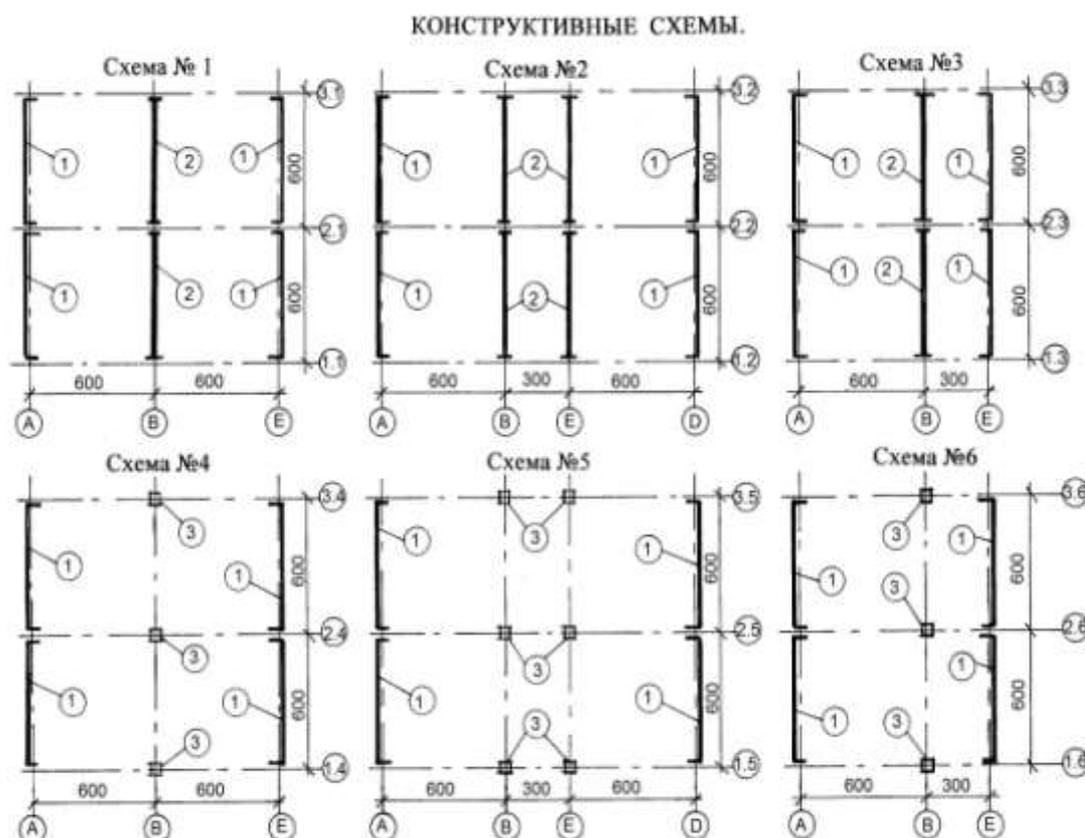


Рис. 17: Примеры вариантов конструктивных схем [21].

1. Наружная стеновая панель из сборного железобетона.
2. Внутренняя стеновая панель из сборного железобетона.
3. Колонна из монолитного железобетона.

Строительство деревянных легких зданий повышенной жесткости с железобетонным каркасом.

Настоящая технология, которая обеспечивает следующие возможности:

1. Возможность ускоренного и упрощенного строительства зданий поселкового типа .

2. Возможность строительства зданий повышенной жесткости и капитальности, с железобетонным каркасом.
3. Возможность строительства зданий повышенной этажности для условий поселка.
4. Возможность применения различных легких и традиционных деревянных материалов для ограждающих конструкций стен.
5. Возможность архитектурной гибкости, в планировке внутренних стен, и перегородок. Т.е. конструктивная схема обеспечивает возможность свободной планировки.

Фундаменты.

Строительство зданий начинается с подготовительных работ по устройству фундаментов. Каких - то принципиально новых решений и требований к фундаментам нет. Это могут быть традиционные фундаменты на естественном основании, т.е. ленточные, столбчатые, плита под всем зданием. Материалы – бетон, железобетон, бутовый камень. Должны соблюдаться правила заглубления, т.е. подошва фундаментов должна залегать ниже глубины промерзания грунтов, в регионах с минусовыми зимними температурами. В районах, где наблюдаются сезонные затопления, цокольная часть фундаментов должна быть повышена. Фундаменты могут быть на свайном основании. При устройстве фундаментов, в местах опирания монолитных железобетонных колонн каркаса, необходимо предусмотреть специальные арматурные выпуски из конструкций фундаментов для связи с каркасом. Основные требования к фундаментам это: надежность, устойчивость и долговечность.

Некоторое сомнение в этой связи вызывают, получившие распространение в последнее время, винтовые трубчатые сваи из стали. Они как бы завинчиваются в грунт, таким образом, упрощая и ускоряя процесс устройства фундаментов. Однако сомнение вызывает материал этих свай, если только они не сделаны из легированной стали или титана! Даже оцинкованная обычная сталь, находясь в грунте, будет подвержена коррозии.

Строительство надземной части здания. (Стены, каркас, перекрытие)

Стены здания выполняются из готовых щитовых деревянных панелей. Щитовые панели одновременно являются ограждающими конструкциями, или основой для ограждающих конструкций стен, и не съёмной опалубкой для монолитного железобетонного несущего каркаса. Т.е. геометрия щитовых панелей разработана таким образом, что на монтаже в местах вертикального стыка между панелями автоматически образуется полость. Эта полость является готовой трехсторонней опалубкой для устройства монолитных железобетонных колонн каркаса. Монтаж щитовых деревянных панелей предусматривает установку и временное раскрепление этих панелей от опрокидывания. После монтажа щитовых деревянных панелей, в образовавшуюся на стыке между панелями опалубку устанавливается арматура колонны, как продолжение арматурных выпусков из фундаментов. Четвертая открытая сторона опалубки закрывается деревянным, съёмным щитом и опалубка раскрепляется. Кроме того, на щитовых панелях стен предусматривается и закрепляется опалубка для нижней части обвязочной монолитной железобетонной балки, проходящей по периметру здания. Арматура обвязочной балки устанавливается в опалубку и проходит через тело колонны. При этом арматура балки и арматура колонны пересекаются между собой. После монтажа арматуры опалубка обвязочной балки закрывается и раскрепляется. Эта обвязочная балка выполняется в два этапа. Нижняя часть балки на первом этапе заливается одновременно, т.е. совместно, с заливкой монолитных колонн. Нижняя часть балки является опорой для сборных железобетонных элементов перекрытия. Хомуты поперечного армирования балки рассчитываются на полную высоту обвязочной балки, и после первого этапа заливки возвышаются над бетоном. В дальнейшем эти хомуты свяжут между собой нижнюю и верхнюю части балки, и обеспечат их совместную работу, как единое целое. Второй этап заливки обвязочной балки, (верхняя часть балки), выполняется одновременно со вторым этапом устройства перекрытия. Т.е. совместно с заливкой монолитной

части перекрытия. Таким образом, обвязочная балка завязывает между собой все колонны каркаса и диск перекрытия в одно целое. Перекрытие железобетонное, сборное - монолитное, выполняется в два этапа.

Первый этап устройства перекрытия. Выполняется монтаж сборных, железобетонных, тонкостенных, ребристых плит. Плиты опираются на нижнюю часть обвязочной балки (см. рис. 18). Учитывая, что обвязочная балка на данном этапе выполнения не закончена, под балку следует подвести временные опорные стойки. Плиты опираются на обвязочную балку посредством опорных выступов нижних ребер. Собственный вес такой плиты - порядка 130 кг/м^2 . В ребра плит, при изготовлении, закладывается продольная рабочая арматура и хомуты. Хомуты рассчитаны на полную толщину перекрытия и возвышаются над поверхностью бетона плиты. Верхняя полочка сборных плит, при изготовлении армируется стальной арматурной сеткой. Плита перекрытия может выполняться пролетом порядка 6 метров, при этом она сама по себе обладает определенной жесткостью, (т.е. это еще до заливки монолитного бетона). Но во время монтажа плит перекрытия в середине пролета необходимо установить временную опору. Таким образом, сборная плита на монтаже опирается в трех точках, две постоянные опоры по краям и временная опора в середине пролета. Такая плита выполняет функцию конструктивного элемента и несъемной опалубки одновременно.

Второй этап устройства перекрытия. После монтажа сборных плит, по верху плит укладывается арматурная сетка и арматура, связывающая перекрытие и обвязывающую балку. Выполняется так же и монтаж верхней арматуры обвязочной балки. Возможно дополнительное армирование по проектному решению. По завершению этих подготовительных работ выполняется заливка монолитного бетона по сборным железобетонным плитам. Одновременно с перекрытием заливается и верхняя часть обвязочной балки. Хомуты, выступающие из ребер сборных железобетонных плит, обеспечивают жесткую связь между сборной и монолитной частями перекрытия, и их совместную работу как единой цельной конструкции (рис. 19).

Каркас

Каркас является основой здания, которая обеспечивает повышенную жесткость. Т.е. воспринимает эксплуатационные нагрузки и обеспечивает устойчивость здания при воздействии горизонтальных нагрузок. Каркас может выполняться в двух вариантах.

1. Рамный каркас, это каркас с жесткими сопряжениями в узлах между ригелями и колоннами. Стойки и ригели такого каркаса рассчитываются на все возможные комбинации усилий.

2. Связевой каркас, это каркас, элементы которого работают на усилия от вертикальных нагрузок, а усилия от горизонтальных нагрузок воспринимают вертикальные связи.

Вертикальные связи устанавливаются в промежутках между колоннами в толще полых стен, и крепятся к закладным деталям колонн (рис. 20).

Вертикальные связи, их количество и места установки определяются проектом, но не меньше одной крестообразной связи в каждой стене, где имеется ряд колонн.

Дополнительные возможности:

1. Полости между ребрами перекрытия, подшивным потолком и в стенах можно использоваться для проводки коммуникаций (например, электрических кабелей и кабелей связи).

2. Полость наружных стен можно заполнить звукопоглощающим и теплоизолирующим материалом на основе минеральной ваты.

3. Теплоизоляция наружных стен располагается с наружной стороны деревянных щитов, можно применить СИП панели. При этом вредные для здоровья человека выделения из СИП панелей, если таковые будут, не смогут проникнуть в жилое помещение благодаря герметичности, которую обеспечивает гидроизоляция между щитовой панелью и теплоизоляцией.

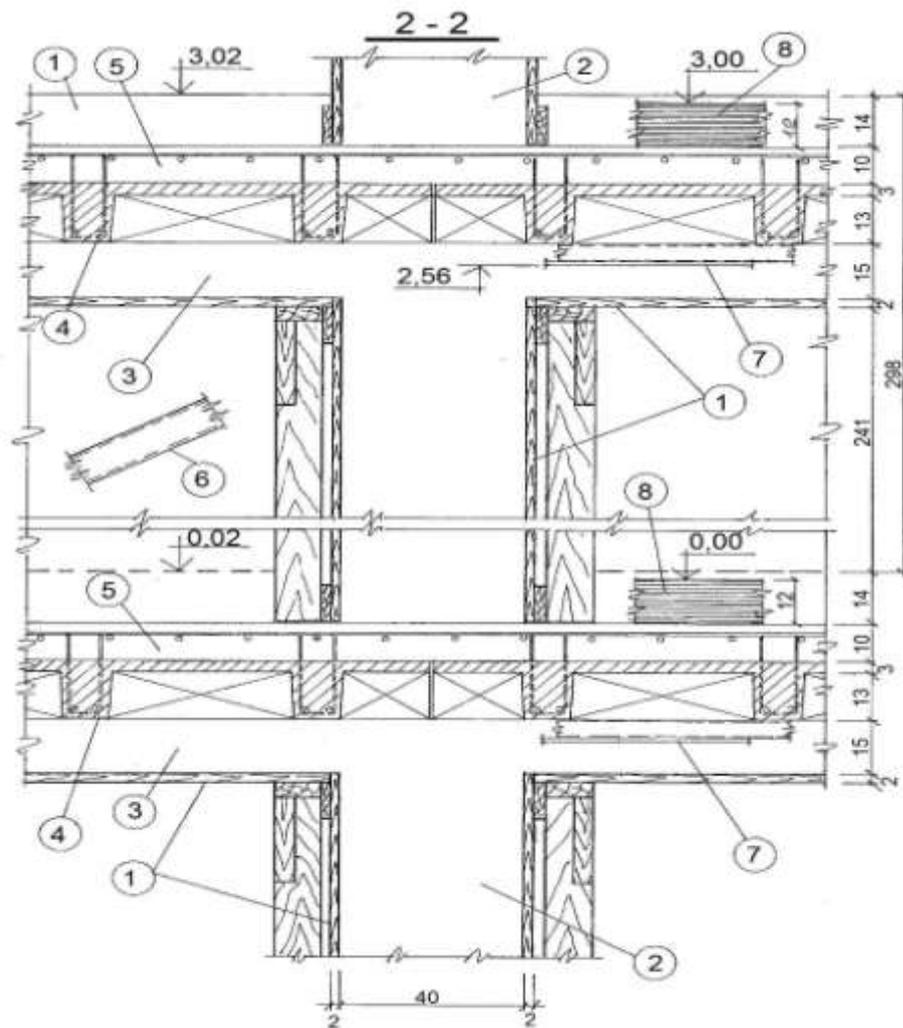


Рис. 19: Сечение 2-2 (Рис. 18) [22].

1. Щитовая деревянная панель. Пропитана антисептиком и антипиреном.
2. Монолитная железобетонная колонна. Армирование условно не показано.
3. Нижняя часть монолитной железобетонной, обвязочной балки.
4. Сборная железобетонная ребристая плита.
5. Монолитный бетон по сборным железобетонным плитам.
6. Вертикальная связь из стального профиля.
7. Подшивной потолок из гипсокартона.
8. Конструкция пола по проекту.

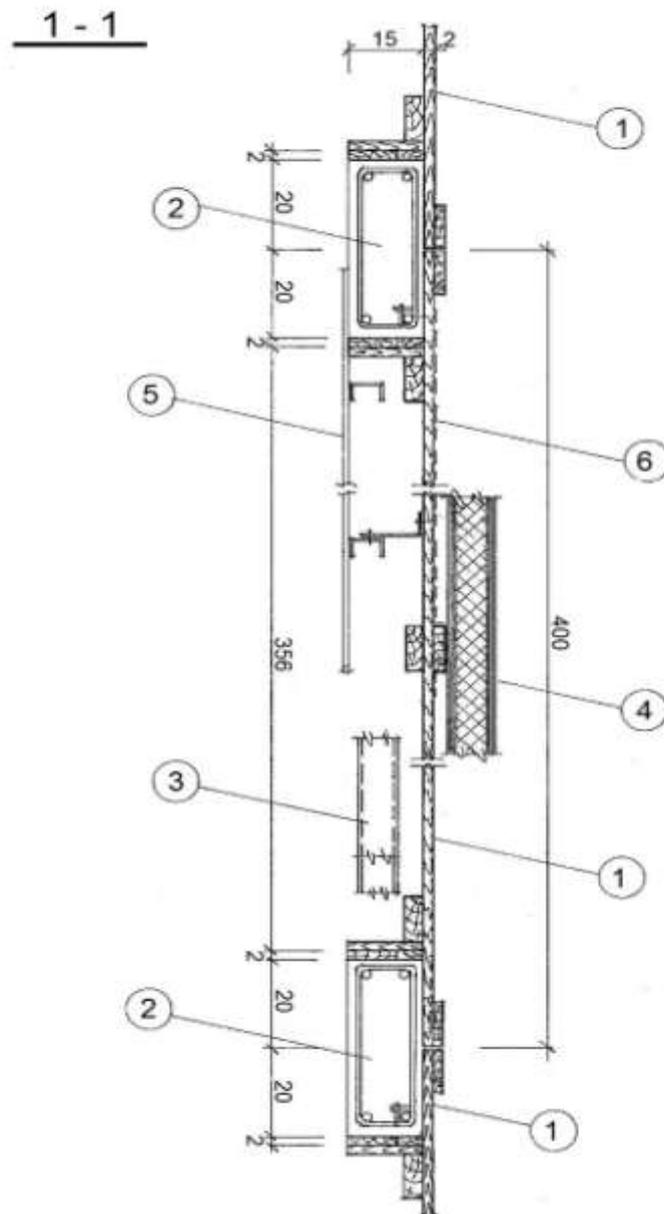


Рис 20: Сечение 1-1 (Рис. 18) [22].

1. Щитовая деревянная панель. Пропитана антисептиком и антипиреном.
2. Монолитная железобетонная колонна.
3. Вертикальная связь из стального профиля.
4. Утеплитель. Возможно применение СИП панелей.
5. Зашивка стены. Гипсокартон.
6. Гидроизоляция между щитовой панелью и утеплителем.

4. Наружные поверхности СИП панелей могут обрабатываться и декорироваться по отработанным уже специальным технологиям.

5. Пол земляного этажа может быть выполнен по железобетонному перекрытию, возможно по типу потолочного перекрытия. Или, как вариант, деревянный настил по лагам на столбиках по подсыпке. Вариант может приниматься в зависимости от местных условий.

6. При необходимости, перекрытие потолочное (междуэтажное) можно выполнить по деревянным балкам с опорой на монолитную обвязочную балку, расположенную по периметру стен, или дополнительные поперечные балки, связанные с обвязочной балкой. Учитывая, что речь идет о повышенной жесткости здания, в промежутке, (т.е. в полости), между перекрытием по деревянным балкам и подшивным потолком, рекомендуется сделать горизонтальные крестообразные связи. Или выполнить жесткие узлы в сопряжениях между балками. Таким образом, обеспечивается жесткий горизонтальный балочный контур. Такая замена снизит капитальность здания, но может иметь место.

7. Возможен вариант устройства утеплителя с внутренней стороны щитов. Но при этом надо исключить мостик холода через элементы каркаса. Для этого в опалубке надо поместить утеплитель, который несколько отодвинет каркас внутрь от наружной стенки щитов. Необходимо предусмотреть пароизоляцию. Этот вариант утепления подобен варианту каркасного строительства деревянных зданий.

8. Возможен вариант выполнения щитов из композитных материалов на основе древесины типа CLT. Такой материал подбирается нужной толщины и может выполнять так же и функцию утеплителя, как в зданиях со стенами бревенчатого типа - срубах.

Продолжение работы опубликовано под тем же названием в следующем выпуске журнала [«Инженерный вестник Дона» № 11, 2020 г.](#)

Литература

13. Фиговский О., Футорянский А., Штейнбок А. Шпалы для скоростных железных дорог из полимербетона. Инженерный вестник Дона, 2019, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5946.
14. Figovsky O. Liquid ebonite mixtures, coatings, and concretes formed there from. Patent USA 6, 303, 68. 1998.
15. Borisov Yu. M., Potapov Yu. B., Pinaev S. A., Savchenko E. N. Building materials of XXI century. 2000. N 9. pp. 9-10.
16. Панфилов Д. В. Дисперсно армированные строительные композиты на основе полибутадиенового олигомера: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2004. 207 с.
17. Гошев С.А. Термостойкость строительных материалов и изделий на основе жидких каучуков. Разработка композиционного материала пониженной горючести: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2010. 156 с.
18. Борисов Ю.М. и др. Эффективные строительные конструкции на основе композитов специального назначения: учебное пособие. Воронеж. 2014. 88 с.
19. Филатов Е.В., Насников Д.Н. Расчет железнодорожного пути на прочность. Методические указания. ИРКУТСК. 2016. 59 с.
20. Figovsky, O, Futoriyansky, A. Construction element for erecting structure, and method of erecting structure with use thereof // (Patent № US 8,615,967 B1 / Dec. 31, 2013.
21. Фиговский О., Футорянский А. Возведение многоэтажных зданий с монолитными железобетонными перекрытиями с помощью сборных крупноразмерных пространственных конструкций. Инженерный вестник Дона, 2014, №4 ч.2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2014/2740.
22. Фиговский О., Футорянский А., Штейнбок А. Строительство деревянных легких зданий повышенной жесткости с железобетонным каркасом. Наука и жизнь

Израиля. URL: nizinev.co.il/nauka/texnicheskie-nauki/stroitelstvo-derevyannyx-legkix-zdaniy-povyshennoj-zhestkosti-s-zhelezobetonnyim-karkasom.html.

References

13. Figovskij O., Futoryanskij A., SHtejn bok A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5946.
14. Figovsky O. Liquid ebonite mixtures, coatings, and concretes formed there from. Patent USA 6, 303, 68. 1998.
15. Borisov Yu. M., Potapov Yu. B., Pinaev S. A., Savchenko E. N. Building materials of XXI century. 2000. N 9. pp. 9-10.
16. Panfilov D. V. Dispersno armirovannye stroitel'nye kompozity na osnove polibutadienovogo oligomera [Dispersed reinforced building composites based on polybutadiene oligomer]: dis. ... kand. tekhn. nauk. Voronezh, 2004. 207 p.
17. Goshev S.A. Termostojkost' stroitel'nyh materialov i izdelij na osnove zhidkih kauchukov. Razrabotka kompozicionnogo materiala ponizhennoj goryuchesti [Heat resistance of building materials and products based on liquid rubbers. Development of a composite material of reduced flammability]: dis. ... kand. tekhn. nauk. Voronezh, 2010. 156 p.
18. Borisov YU.M. i dr. Effektivnye stroitel'nye konstrukcii na osnove kompozitov special'nogo naznacheniya: uchebnoe posobie. [Effective building structures based on composites for special purposes: a tutorial]. Voronezh. 2014. 88 p.
19. Filatov E.V., Nasnikov D.N. Raschet zheleznodorozhnogo puti na prochnost'. Metodicheskie ukazaniya. [Calculation of the railway track for strength. Methodical instructions]. IRKUTSK. 2016. 59 p.
20. Figovsky O., Futoriyansky A. Construction element for erecting structure, and method of erecting structure withuse thereof. (Patent № US 8,615,967 B1. Dec. 31, 2013.
21. Figovskij O., Futoryanskij A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №4, ch.2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2014/2740.



22. Figovskij O., Futoryanskij A., SHtejbok A. Stroitel'stvo derevyannyh legkih zdaniy povyshennoj zhestkosti s zhelezobetonnyim karkasom. Nauka i zhizn' Izrailya. [Construction of lightweight timber buildings of increased rigidity with a reinforced concrete frame. Science and life of Israel]. URL: nizinev.co.il/nauka/texnicheskie-nauki/stroitelstvo-derevyannyx-legkix-zdaniy-povyshennoj-zhestkosti.