

На правах рукописи

ТИНЕЕВ РОМАН БОРИСОВИЧ

**ТЕХНОЛОГИЯ ОПАЛУБОЧНЫХ РАБОТ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦЕМЕНТНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЕРОЙ**

Специальность 05.23.08 – “Технология и организация строительства”

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Уфа - 2003

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В связи с переходом от типового строительства к возведению зданий и сооружений по индивидуальным проектам и возрастающим применением монолитного бетона существенно возросла роль опалубочных работ с использованием нетрадиционных недорогих опалубок, легко приспособляемых к особенностям бетонируемых конструкций. Материалами для таких опалубок служат обычно фанера или древесные плиты с защищенной рабочей поверхностью или полностью пропитанные (модифицированные) защитными стабилизирующими составами. Среди древесных плит для опалубок особый интерес представляют цементностружечные плиты (ЦСП), обладающие повышенной прочностью и стойкостью. Из цементностружечных плит, модифицированных серой созданы щиты с двойной палубой (разработка кафедры «Строительные конструкции» Уфимского государственного нефтяного технического университета, патент РФ №. 2178493). Оригинальность конструкции этой опалубки и ее надежная защита серой позволяет вдвое повысить оборачиваемость щитов, опалубливать вертикальные и горизонтальные поверхности с высоким качеством при незначительном сцеплении с бетоном. Благодаря панельному исполнению в щитах можно выполнять внутреннюю теплоизоляцию, а при необходимости устанавливать нагревательные элементы для создания «греющей» опалубки при производстве бетонных работ в зимнее время.

Однако технология производства работ с применением новой панельно-щитовой опалубки из ЦСП еще не разработана до нормативного уровня, не определены схемы сборки и размеры щитов, обеспечивающие их сопротивление прогибу от бетонной смеси, не исследованы формостабильность и атмосферостойкость при хранении на стройплощадке, не определены пооперационные технологические параметры монтажа и демонтажа опалубки, не установлены критерии износа опалубки – механическая повреждаемость или старение материала – для прогнозных оценок и расчетов технико-экономических расчетов

эффективности, не определены объекты бетонирования, где предлагаемая опалубка наиболее эффективна.

Отмеченные вопросы легли в основу диссертационного исследования, которое выполнялось в соответствии с межвузовской программой “Строительство и архитектура”, а также по целевым программам ресурсо- и энергосбережения в строительстве, принятыми Кабинетом Министров Республики Башкортостан.

Цель исследования разработать технологию опалубочных работ с применением двухслойных, выполненных из модифицированных серой цементно-стружечных плит, щитов панельной конструкции, и дать предложения по областям и методам ее наиболее эффективного использования.

Задачи исследования:

- изучить современный опыт конструирования и использования опалубочных систем из щитов с обшивками из модифицированных древесно-листовых материалов для монолитного бетонирования;
- выявить вариабельность применения двухслойных щитов опалубки для бетонирования конструкций различной формы и массивности с возможностью круглогодичного использования;
- оценить деформативность щитов-панелей при бетонировании и определить сцепление рабочей палубы с затвердевшим бетоном;
- определить условия сохранности опалубочных щитов при сборке-разборке систем, складировании на стройплощадке и перевозках на строительные объекты;
- определить критерии износа опалубки; дать прогнозную оценку долговечности;
- разработать технологию опалубочных работ с применением опалубки из ЦСП, пропитанных в расплаве технической серы;
- оценить экономическую эффективность применения панельно-щитовой опалубки из ЦСП, модифицированных серой.

Научная новизна:

- установлена возможность и доказана эффективность использования в качестве палубы двухслойных щитов ЦСП, модифицированных технической серой;
- определена оптимальная степень пропитки серой цементностружечных плит палубы, обеспечивающая наименьшее сцепление её с бетоном и гарантирующая достаточную прочность и жесткость палубы при действии бетонной смеси;
- установлена возможность использования панельно-щитовой опалубки из ЦСП для бетонирования как вертикальных, так и горизонтальных поверхностей без принципиального изменения конструкции щитов;
- установлена возможность круглогодичного использования предлагаемой опалубки по признакам атмосферостойкости, физической износостойкости и пригодности быть утепленной или греющей в зимнее время.

Практическое значение:

- в производственных условиях применена новая система опалубочных работ с использованием щитовой сборно-разборной опалубки панельного типа повышенной долговечности;
- разработана и опробована в производственных условиях пооперационная схема организации опалубочных работ с применением щитов из ЦСП, модифицированных серой;
- разработана и утверждена «Производственная инструкция по организации опалубочных работ с применением разборно-переставной опалубки из щитов панельного типа с обшивками из ЦСП, модифицированных серой»;
- разработаны нормы времени и затрат труда на производство опалубочных работ с применением щитовой опалубки с обшивками из ЦСП, модифицированных серой;
- получен экономический эффект от применения опалубки нового типа;

- результаты исследований включены в учебное пособие УГНТУ «Цементно-стружечные плиты в строительстве» (Уфа, УГНТУ, 2001 г.) для курса «Технология строительного производства».
- результаты исследования вошли в организационно-технический план энерго- и ресурсосбережения при выполнении опалубочных работ в ОАО «Стройтрест №3» объединения «Башстрой».

Апробация работы. Основные положения работы опубликованы в международном сборнике научных трудов «Использование отходов и местного сырья в строительстве» (Новосибирск, 2001), доложены и обсуждены на Международных конференциях «Проблемы строительного комплекса России» (Уфа, 2000, 2001, 2002, 2003), где отдельные работы отмечены дипломами; на Всероссийских конференциях: «Метрологическое обеспечение эксплуатации и хранения технических объектов» (Москва, 1999); «Проблемы прочности материалов и сооружений на транспорте» (Череповец, 2002); на конференциях строительных вузов: «Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды» (Самара, 2001); «Новое в инвестиционных процессах и технологиях строительного производства» (Москва, 2001); «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии» (Тула, ТГУ, 2003).

По результатам исследований опубликовано 14 статей и тезисов докладов.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, основных выводов, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы 129 страниц машинописного текста, 38 рисунков, 15 таблиц. Список использованных источников включает 108 наименований.

На защиту выносятся:

- анализ данных по изучению опыта опалубочных работ с применением щитов из модифицированных древесных материалов и ЦСП;

- комплекс экспериментальных данных по изучению физико-механических свойств пропитанных серой ЦСП;
- теоретический анализ работы модифицированных серой ЦСП в конструкциях опалубки;
- выбор критериев оптимизации усилия сцепления щита опалубки из ЦСП с бетоном и составление критериальных уравнений регрессии;
- методика оценки атмосферостойкости щитов опалубки из ЦСП, модифицированных серой;
- технология опалубочных работ с применением щитов опалубки из ЦСП, пропитанных в расплаве технической серы;
- технико-экономическая оценка эффективности применения опалубки из цементностружечных плит, модифицированных серой.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель исследований, дана краткая характеристика выполненной работы, приводятся основные положения, выносимые на защиту, определен круг лиц и организаций, принимавших участие в экспериментах и производственном внедрении.

В первой главе приведен обзор данных патентных и литературных источников о применении опалубок из фанеры и модифицированных древесных плит, а также проанализирован существующий опыт применения опалубки из цементностружечных плит. Для сравнения показан опыт применения дощатых щитов с защищенной палубой. Впервые опалубка из досок, пропитанных серой, была испытана Ж.Б. Бекболотовым и применена в сельском строительстве Ошской области (Киргизия) в 1983 г.

В отечественной и зарубежной практике преобладают щитовые опалубки комбинированной конструкции, в которых вся поддерживающая и крепёжно-выверочная оснастка выполнена из металла, а палуба щитов из высокопрочной водостойкой фанеры, столярных плит; сплоченных досок, древесностружечных плит, покрытых пластиками. Обширные испытания опалубок из древесностру-

жечных плит, защищенных пластиковыми и лакокрасочными покрытиями проведены в ЦНИИОМТП В.Д. Топчием в 1978-1983 г г.

Однако стоимость таких опалубок достаточно высока. Снижение стоимости может быть достигнуто применением листовых композиционных материалов из низкосортного сырья и древесных отходов. К их числу относятся ЦСП, обладающие рядом ценных свойств. Они более жестки, прочны, водо-, био- и огнестойки, чем древесностружечные и древесноволокнистые плиты.

К недостаткам ЦСП относятся: коробление, шелушение поверхности, разбухание кромок. Кроме того, незащищенные цементностружечные плиты обладают значительной адгезией с бетоном, что обусловило их использование только в виде несъёмной опалубки.

Методы защиты ЦСП путём пропитки органическими гидрофобными составами или путём нанесения защитных покрытий оказались неэффективными для получения щитовой многооборачиваемой опалубки. Для повышения прочности, водостойкости и формостабильности ЦСП наиболее подходит пропитка (модифицирование) изделий в расплаве технической серы. Эффективность модифицирования тонкостенных цементных и листовых древесных материалов данным способом и возможность их применения в строительных изделиях, в том числе в опалубочных щитах, показана в работах В.В. Бабкова, Ж.Б. Бекболотова, Г.И. Бердова, М.Г. Мальцева, С.И. Манзий, В.В. Кохлова, И.К. Касимова, В.Д. Топчия, В.М. Хрулёва, В.В. Микульского, Ю.И. Орловского, В.В. Патуроева, Р.Ш. Хасанова.

Не оставляет сомнения, что применение модифицированных серой ЦСП в качестве палубы повысит прочность и жесткость опалубки, снизит адгезию к бетону, уменьшит распалубочные усилия, позволит получить бездефектные поверхности, повысит оборачиваемость опалубки, снизит ресурсоёмкость опалубочных систем.

Сказанное составляет научную гипотезу, которая послужила основой данного диссертационного исследования и обосновала постановку конкретных

задач работы.

Вторая глава посвящена методике исследования. В основу методики положены математическое моделирование технологических процессов и физических явлений, происходящих при контакте поверхности палубы с бетонной смесью, и связанное с ним проведение конструктивных расчетов. Объектом исследования служил щит опалубки, состоящий из двух обшивок из ЦСП, скрепленных на клею и на шурупах с тремя деревянными продольными ребрами. Поперечное сечение ребер (из древесины сосны плотностью 550 кг/м^3) и толщина обшивок назначались, исходя из конструктивных расчетов (изгиб от давления бетонной смеси, коробление в зависимости от влагосодержания и др.).

Для обшивок использовали плиты толщиной 12, 16 и 20 мм Стерлитамакского завода ЦСП (Республика Башкортостан), соответствующие марке ЦСП-1 по ГОСТ 26816-86 “Плиты цементностружечные. Технические условия”. Модификатором плит служила сера – продукт Ново-Уфимского нефтеперерабатывающего завода, соответствующая ГОСТ 127.1-93 “Сера техническая. Технические требования”. Её плотность $2,06 \text{ г/см}^3$, температура плавления $112,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Бетон приготавливали класса В 7,5 на мелком заполнителе и портландцементе М 400. Содержание модификатора – серы в плитах ЦСП варьировалось пропиткой образцов на созданной при участии автора лабораторной установке с автоматическим контролем температуры в режиме “прогрев-холодная ванна”.

Сцепление опалубки с бетоном определяли методом нормального отрыва на образцах плит размером $75 \times 75 \text{ мм}$, толщиной 16 мм, модифицированных с поглощением серы от 8 до 49% и немодифицированных – контрольных. Толщина слоя бетона между образцами плит – 30 мм. Для испытания на равномерный отрыв к торцевым поверхностям образцов из ЦСП приклеивались эпоксидной композицией металлические пластины - «грибки». Испытания проводили при различной продолжительности контакта бетона с опалубкой – 12, 24 и 72 ч. Образец центрировали в разрывной машине с электронным силовым измерителем. Скорость деформации составляла 50 мм/с . Характер разрушения

в паре “бетон – опалубка” определяли визуально по состоянию поверхностей бетона и опалубки после отрыва.

Критерием атмосферостойкости щитов опалубки из модифицированных ЦСП принято коробление при одностороннем увлажнении. Определяли связь формоустойчивости и внутренних напряжений, возникающих при одностороннем увлажнении палубы щита в процессе бетонирования.

Одностороннее коробление определяли на образцах размером 300×300 мм. Для моделирования работы опалубочного щита без влияния кромок торцы образца тщательно влагоизолировали тремя слоями лака ХСЛ и слоем технического вазелина. Далее образец помещали в резервуар с водой, укладывая на опоры на расстоянии 50 мм над поверхностью воды. Прогиб в контрольных точках измеряли индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм. Показания индикаторов снимали через: 1, 2, 3, 5, 8, 13 и 20 суток, а затем через каждые 10 суток.

Износостойкость палубы из модифицированных ЦСП определяли путем истирания шлифовальной шкуркой поверхности образцов, прижатых рычажным устройством к истирающей поверхности вращающегося диска машины МИ-2. Мерой истирания служило количество материала г/см^2 , снятого с площади образца 8 см^2 после 100 оборотов диска.

Математическое исследование усилия отрыва опалубки от поверхности бетона проводили с применением несимметричного плана эксперимента 2-го порядка. По критерию минимальности количества опытов принят насыщенный план Рехтшафнера с областью планирования - гиперкуб. Обработку и анализ экспериментальных данных производились с применением методов математической статистики.

Третья глава посвящена определению расчётных характеристик и технологических параметров, гарантирующих надёжную работу опалубки из модифицированных серой ЦСП.

Установлено, что при модифицировании ЦСП серой существенно возрас-

тает прочность. При максимальном поглощении (49,2-50%) прочность при изгибе возрастает на 230 и 242%, т.е. в 2,3-2,4 раза.

Модуль упругости также значительно возрастает при максимальном поглощении серы со скоростью, не зависящей от толщины плит. Например, у плит толщиной 16 мм при поглощении серы 41% прирост модуля упругости - 194%. Однако расчетные характеристики, достаточные для эксплуатации опалубки, достигаются уже при 25-30%-м поглощении серы и дальнейшая пропитка плит не нужна. Это объясняется тем, что при 25-30%-м поглощении структура плит становится оптимальной по плотности, пористости и т.п. В то же время поглощения серы на уровне 8-12% не улучшает свойств и структуры плит в необходимой степени.

Существенно снижается деформативность палубы из ЦСП, модифицированных серой. Анализ величины цилиндрической жесткости D , определяющей прогиб палубы щита, показывает, что при 40-42 %-м поглощении серы происходит снижение деформативности в 1,8-2 раза (рис. 1).

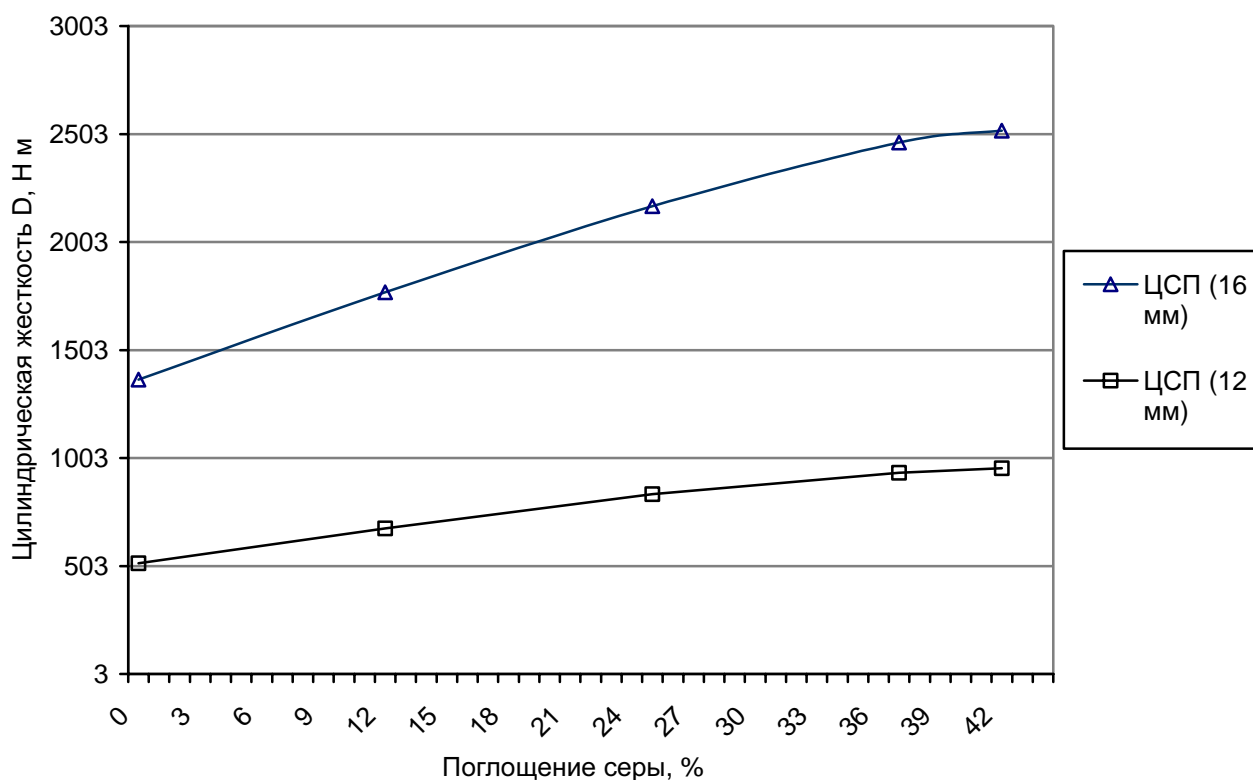


Рис. 1. Цилиндрическая жесткость палубы из ЦСП толщиной 12 мм и 16 мм, модифицированных серой

Сравнивая работу различных материалов в конструкциях опалубки: цементностружечную плиту марки ЦСП-1, модифицированную и обычную, древесностружечную плиту (ДСП) марки П-3, твердую древесноволокнистую плиту (ДВП) марки Т-400, клеёную фанеру марки ФСФ и бакелизированную фанеру, установили, что при использовании модифицированных ЦСП открываются широкие возможности регулирования свойств опалубки. Выбраны относительные критерии для оценки улучшения свойств ЦСП: структурный - $1/\gamma$; прочностной - \sqrt{R}/γ ; жесткостной - $\sqrt[3]{\frac{E}{(1-\nu^2)}}/\gamma$ (где γ - плотность, кг/м³; R - расчетное сопротивление изгибу, МПа; E - модуль упругости, МПа; ν - коэффициент Пуассона).

При модифицировании ЦСП заметно возрастает прочностной критерий (в 1,2 раза), что связано со структурными изменениями в материале. При этом он превосходит в 1,6 раза тот же показатель для стали ВСтЗкп2.

Для применения ЦСП в щитах опалубки пропитка их серой на всю глубину нецелесообразна, так как значительно возрастает масса палубы. На это указывает снижение относительного жесткостного параметра эффективности по сравнению с непропитанными плитами (в 1,1 раза).

По мере роста поглощения серы плитами снижается сцепление опалубки с бетоном (рис.2). При максимальном поглощения серы (49,2-50%) – на 58-61%, т.е. в 2,4-2,6 раза по сравнению с опалубкой из немодифицированных ЦСП.

Пропитка ЦСП серой на 25-30% оптимально снижает усилие сцепления (в 2-2,1 раза), дальнейший рост поглощения серы с приближением его к максимальному (48-50%) не приводит к значительному снижению адгезии.

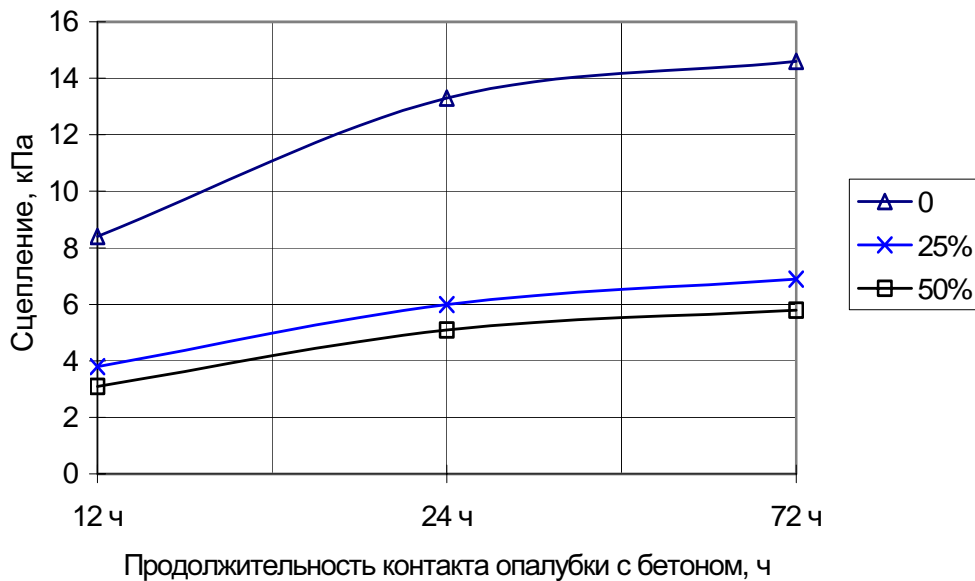


Рис. 2. Зависимость усилия сцепления бетона с опалубкой из модифицированных ЦСП от продолжительности контакта и степени поглощения серы

Регрессионным анализом получена зависимость усилия сцепления палубы из модифицированных ЦСП от поглощения серы.

$$f = \frac{5,17 - 13,15e^{-0,145\tau}}{(1 - 0,65e^{-0,041S})}, \quad (1)$$

где f – усилие сцепления, кПа;

τ – продолжительность контакта бетона с опалубкой, ч;

S – поглощение серы, % по массе.

Для данной зависимости средняя ошибка равна – 0,224, коэффициент корреляции – 0,981.

Сравнение усилия сцепления различных материалов палубы показывает, что пропитка ЦСП серой более чем вдвое снижает сцепление с бетоном (от 14,6 до 6,1 кПа), приводя его к уровню усилия сцепления палубы из стеклопластика ($f = 5,9$ кПа).

Осмотр площади разрушения адгезионного соединения в паре “бетон – опалубка” указывает на хорошее состояние поверхности палубы из ЦСП, модифицированных серой. Опалубка из немодифицированных ЦСП отрывается со следами бетона (усилие сцепления – 14,6 кПа). Для модифицированных ЦСП со степенью пропитки серой 25-49% характерен адгезионный отрыв: поверхность

бетона после распалубки гладкая без дефектов; поверхность опалубки незагрязненная.

Поведение модифицированных ЦСП при одностороннем увлажнении определялось на плитах размером $300 \times 300 \times 16$ мм с различной степенью поглощения серы при двух видах граничных условий – свободное опирание и защемление.

Методом сечений получены кривые возможного распределения влажности по толщине ЦСП на протяжении всего времени их увлажнения. По полученным данным определены внутренние напряжения, возникающие в листе ЦСП при его одностороннем увлажнении.

В образце, коробление которого стеснено, максимальные напряжения развиваются в начальный момент после первых 10 минут увлажнения. При этом максимальные сжимающие напряжения (7,9 кПа) действуют на увлажняемой пласти, максимальные растягивающие напряжения (3,2 кПа) - в средней зоне; на противоположной увлажнению стороне действуют незначительные (до 3,8 кПа) сжимающие напряжения. По мере продвижения влаги напряжения по всему сечению уменьшаются, не меняя при этом знака до момента достижения максимального изгибающего момента.

После четырех часов увлажнения, когда влага достигает верхней поверхности и изгибающий момент резко снижается, напряжения в средней зоне и на противоположной увлажнению стороне меняют свой знак на обратный.

Используемый метод исследования короблений с оценкой внутренних влажностных напряжений позволил установить, что при стеснении коробления односторонне увлажняемого образца (модель обшивки щита опалубки), напряжения сжатия развиваются как на увлажненной, так и на неувлажняемой поверхностях и достигают 8 кПа, а наиболее существенные растягивающие напряжения возникают внутри плит и не превышают 3,2 кПа. Как сжимающие, так и растягивающие напряжения, возникающие в ЦСП при стесненном короблении, близки к временным сопротивлениям ЦСП на сжа-

тие и растяжение. Следовательно, существует опасность преждевременного разрушения палубы щита из незащищенных ЦСП в процессе его эксплуатации.

Испытания на одностороннее коробление образцов ЦСП, модифицированных серой, показывают, что с ростом степени поглощения серы происходит уменьшение прогиба и покоробленности при одностороннем увлажнении (рис.3). Существенно, более чем в 5 раз, снижается уровень влажностных напряжений. Так, при пропитке ЦСП серой до 44% наибольшие сжимающие напряжения составляют 1,6 кПа, а наиболее опасные растягивающие напряжения – 0,5 кПа. При поглощении серы 25% наибольшие сжимающие напряжения в ЦСП составляют 3,8 кПа, а наиболее опасные растягивающие напряжения – 2,5 кПа, то есть внутренние напряжения уменьшаются более чем в 2 раза.

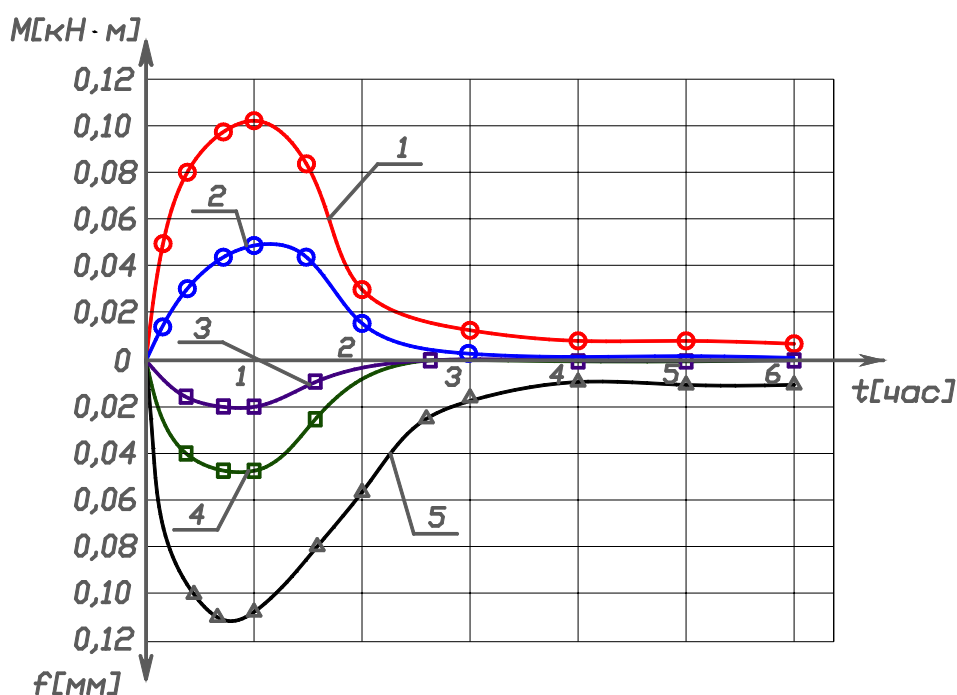


Рис. 3. Изгибающий момент и прогиб при одностороннем увлажнении образцов ЦСП:

- 1 – изгибающий момент в контрольном (немодифицированном) образце;
- 2 – изгибающий момент в образце, модифицированном серой;
- 3 – прогиб образца, модифицированного серой, при стесненном короблении;
- 4 – прогиб контрольного образца при стесненном короблении;
- 5 – прогиб контрольного образца при свободном короблении

Таким образом, пропитка ЦСП расплавом серы снижает уровень влажностных напряжений до незначительных величин, тем самым уменьшая опасность преждевременного разрушения палубы при её эксплуатации в условиях переменного увлажнения. Кроме того, значительно уменьшаются прогиб и покособленность модифицированных ЦСП до величин, ниже допустимых.

Важным фактором, оказывающим заметное влияние на долговечность и оборачиваемость опалубки из ЦСП, модифицированных серой, является износостойкость рабочей поверхности палубы щита. Установлено, что палуба из ЦСП, модифицированных серой, обладает повышенным сопротивлением истиранию в процессе эксплуатации. Пропитка ЦСП серой на 30% снижает их истираемость в 4,3 раза в сухом состоянии и в 5,4 раза во влажном, приближая её к истираемости пластмасс. Повышение износостойкости палубы из ЦСП, модифицированных серой, позволяет существенно увеличить оборачиваемость и долговечность опалубки с их применением.

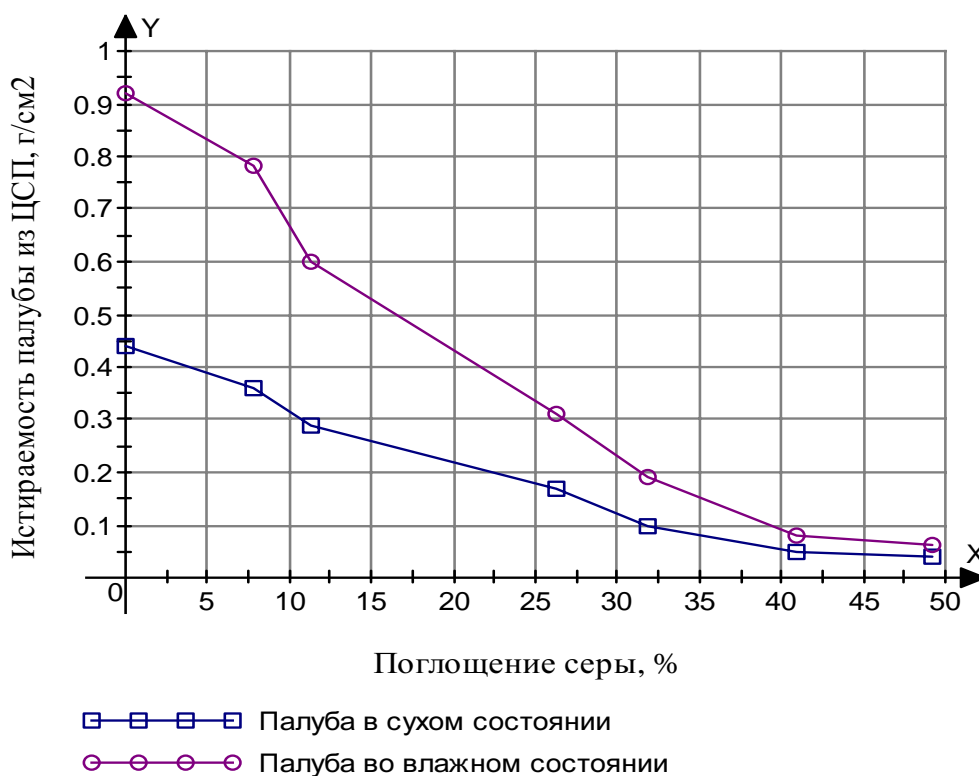


Рис. 4. Истираемость палубы из ЦСП, модифицированных серой, в сухом и увлажненном состояниях

Теоретический анализ и экспериментальные данные указывают на целесообразность применения ЦСП, модифицированных серой, в щитовой опалубке. Повышается жесткость и несущая способность опалубки. Значительно снижаются распалубочные усилия, сохраняется чистой поверхность палубы по сравнению с немодифицированными ЦСП, по аналогии с такими материалами, как стеклопластик и фанера с пленочным фенолформальдегидным покрытием. Выявлены повышенная формостабильность и износостойкость опалубки из ЦСП, модифицированных серой, в условиях постоянного и переменного увлажнения.

Четвертая глава посвящена разработке технологии опалубочных работ с применением щитов опалубки из цементностружечных плит, модифицированных серой.

С учетом повышения механических свойств ЦСП, модифицированных расплавом серы, снижения деформативности и усилия сцепления поверхности ЦСП с бетоном можно предложить их применение в конструкциях опалубки. На кафедре “Строительные конструкции” УГНТУ были разработаны конструкция и технология изготовления щита разборно-переставной опалубки с двойной палубой из ЦСП, модифицированных серой, которая позволяет использовать обе наружные обшивки щита в качестве рабочей палубы.

Щит опалубки предлагаемой конструкции обладает преимуществами перед известными: повышенной жесткостью палубы за счет пропитки серой, что экономит расход материалов (древесины и стали) на каркас; кромки плит надежно защищены от разбухания и выкрашивания; значительно снижено сцепление поверхности опалубки с бетоном, что увеличивает её оборачиваемость и улучшает качество бетонируемой поверхности; каждая из обшивок щита может служить рабочей палубой благодаря перестановке торцевых накладок, входящих в общую конструктивную схему щита.

На основе предложенной конструкции щита и анализа современного отечественного и зарубежного опыта создания опалубочных систем в составе дан-

ного диссертационного исследования была разработана универсальная опалубочная система разборно-переставной опалубки, позволяющая бетонировать как вертикальные (стены, колонны), так и горизонтальные (плиты покрытий и перекрытий) конструкции.

Основным элементом системы являются модульные щиты (рис. 5). Стандартные щиты имеют высоту 1,2; 1,5; 1,8; 2,4 и 3,0 м и ширину 0,3, 0,6, 0,9 и 1,2 м. Конструкция щитов каркасная с двойной палубой и сотовым каркасом. Двойная рабочая палуба выполнена из ЦСП, толщиной 16-20 мм.

В процессе изготовления щита материал каркаса и палубы подвергаются модифицированию расплавом технической серы. Соединение палубы с каркасом комбинированное – клеомеханическое. Приклейка обшивок к ребрам каркаса осуществляется после их пропитки и шлифовки поверхностей. Для склейки рекомендуется применение фенолрезорцинового клея ФРФ-50 (ТУ 6-05-1880-79).

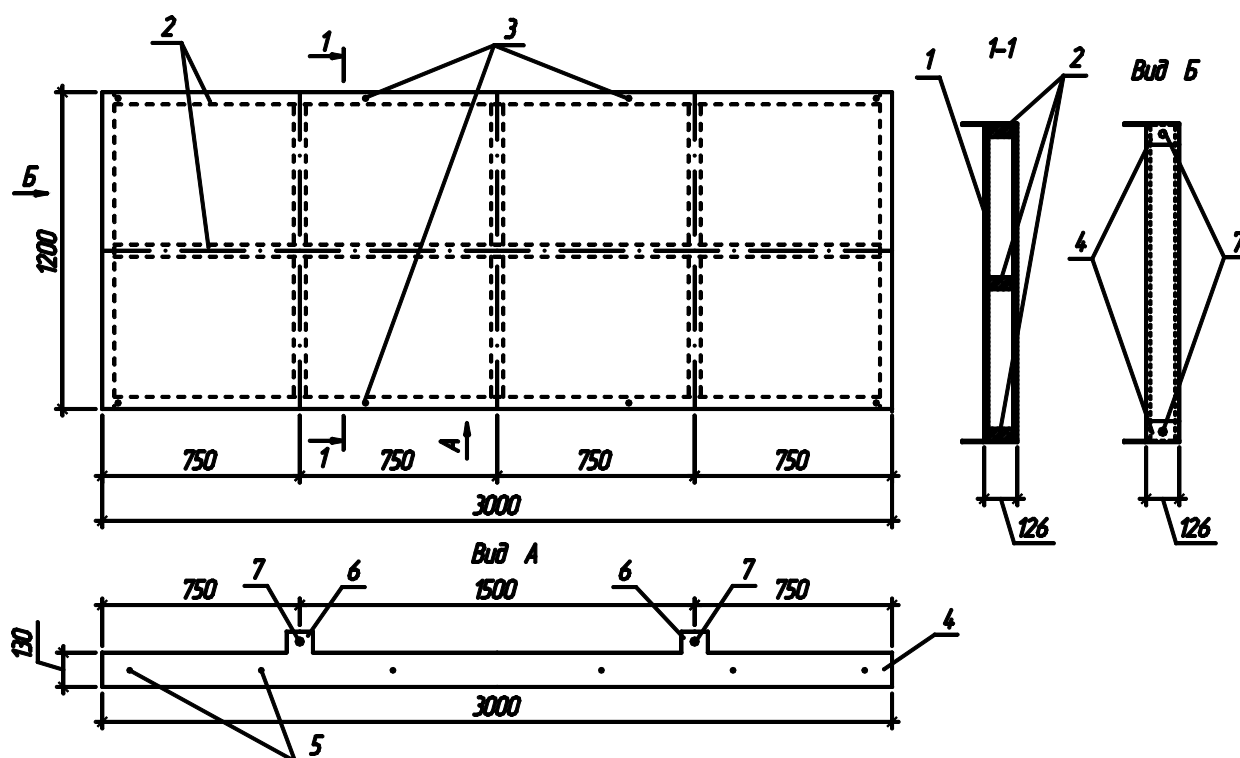


Рис. 5. Щит универсальной разборно-переставной опалубки с двойной палубой из ЦСП, пропитанных в расплаве серы:

- 1- палуба из ЦСП; 2 – ребра каркаса; 3 – отверстия для пропуска тяжей; 4 – съёмные стальные накладки; 5- винты крепления накладки; 6 – проушины; 7 - отверстия

Щиты опалубки рассчитаны на боковое давление бетонной смеси на опалубку до 60 кН/м^2 . Конструкция элементов опалубки и их стыков позволяет располагать их как вертикально, так и горизонтально.

Крепежными деталями для сборки щитов служат съемные стальные накладки с отверстиями и проушинами, закрепленные по торцам к щиту. Для соединения щитов опалубки между собой используются быстроразъемные клиновые замки. Боковое давление бетона воспринимается винтовыми стяжками диаметром 12 мм, которые пропускают через отверстия в палубе щитов и фиксируют анкерными пластинами, прижимаемыми барашковыми гайками. Стяжки устанавливаются в отверстия в щите, при этом опорная плита перекрывает каркас соседнего щита. Анкерные тяжи пропускают через пластмассовую трубку, служащую одновременно распоркой. Неиспользованные отверстия для стяжек закрываются с помощью пластмассовых пробок. После сборки щиты оборудуются подкосами, для обеспечения устойчивости и рихтовки, а также навесными подмостями для бетонирования, если распалубка стен производится до устройства перекрытий. Крепление подкосов к перекрытию производится через опорную плиту с помощью анкерных болтов.

Для опалубливания колонн возможно применение обычных щитов из комплекта опалубки с угловыми сжимами. Для больших расчетных нагрузок – до 120 кН/м^2 разработаны щиты с усиленным каркасом (с более частой расстановкой ребер) и специальными съемными накладками для соединения щитов опалубки на болтах. Высота щитов 300, 275, 100 и 50 см. Соединение щитов в данном случае основано на конструктивном принципе соединения “в мельницу”. Для применения щитов на разные размеры колонн в щитах предусмотрены отверстия с шагом 5 см. Конструкция щитов позволяет опалубливать колонны сечением от 10×10 до 80×80 см.

Перед началом монтажа опалубки на бетонном основании краской наносят риски, фиксирующие положение осей колонны. Точную выверку смонтированной опалубки колонны производят с помощью клиновых вкладышей. Вто-

рой и последующие ярусы собирают с передвижных подмостей. Полностью собранную опалубку колонны выверяют по вертикали и раскрепляют подкосами, которые крепят к перекрытию с помощью анкеров.

С использованием предложенной универсальной разборно-щитовой опалубки можно производить бетонирование горизонтальных конструкций: плоских перекрытий и покрытий, опирающихся на несущие стены или перекрытий зданий с монолитным безригельным каркасом.

Толщина бетонизируемого монолитного перекрытия – 100-220 мм. Основными элементами опалубки являются щиты из того же комплекта, что и при опалубливании вертикальных конструкций, в сочетании со специальными балками и насадками на оголовки опор. Для устройства опалубки гладких монолитных перекрытий используются щиты длиной 1,2; 1,5; 1,8 и 3,0 м и шириной 0,6-1,2 м. В качестве поддерживающих элементов применяются стальные телескопические стойки с падающими головками и несущие продольные балки.

Раздвижные телескопические стойки позволяют использовать опалубку для помещений с высотой этажа от 2 до 4 м. Пространственная жёсткость и устойчивость смонтированной балочно-стоечной системы опалубки перекрытия обеспечивается закреплением стоек в проектном положении с помощью раздвижных треног. Сочетание различных типоразмеров балок (длина между осями стоек 900, 1200, 1500, 1800 и 2400 мм) обеспечивает универсальность данной опалубки при устройстве монолитных перекрытий.

Монтаж опалубки осуществляют в следующей последовательности: “падающую” головку устанавливают сверху в телескопическую стойку, стойку закрепляют в проектном положении и раскрепляют с помощью раздвижной треноги. “Падающие” головки имеют наверху неподвижно закреплённую плиту, служащую формообразующим элементом опалубки. Опорная плита несущей балки опалубки перекрытия в смонтированном состоянии фиксируется клиновым затвором так, что верхняя плита и служащая формообразующей поверхностью опалубки поверхность верхнего пояса балки находятся на одной высоте.

В головку стойки устанавливают несущие продольные балки. До установки щитов работы по монтажу стоек и навешиванию несущих балок можно проводить снизу.

Щиты опалубки опираются непосредственно на полки балок. Крупноразмерные щиты опалубки 3,0×1,2 м и 2,4×1,2 м устанавливают с помощью крана, остальные щиты можно монтировать вручную, поскольку их вес не превышает 50 кг.

Для проведения распалубки удаляют клин у оголовка опоры, в результате чего опорная плита “падающей” головки вместе с балками и щитами опускается вниз на 12 см и ложится на нижнюю плиту насадки. В этом положении сначала демонтируют щиты опалубки, а затем балки. Телескопические стойки остаются как вспомогательные опоры плиты перекрытия. Это позволяет в более ранние сроки осуществить распалубку и увеличить оборачиваемость опалубки.

Возможность использования модифицированных ЦСП для опалубки была проведена при бетонировании ростверков фундаментов под конструкции трибун центральной части стадиона “Динамо” в г. Уфе. В опытах использовали плиты Стерлитамакского завода марки ЦСП-1 толщиной 16 мм, плотностью 1260 кг/м³, с нормальной влажностью 10% по ГОСТ 26816-86.

Из плит вырезали заготовки размером 1600×1200 мм, соответствующие размерам инвентарной опалубки. Заготовки пропитывали в стальной емкости, приспособленной под пропиточную ванну. Разогревание емкости для получения расплава осуществляли трубчатыми электронагревателями - ТЭНами.

Пропитанные расплавом серы ЦСП использовали для изготовления инвентарной разборно-переставной опалубки, предназначенной для бетонирования фундаментов из бетонной смеси, соответствующей классу бетона В15. Бетонную смесь уплотняли способом глубинного вибрирования. Поверхность конструкции получалась гладкой, без дефектов. Отделение щитов опалубки от бетона происходило легко, сцепление с бетоном не наблюдалось. После бетонирования поверхность щитов оставалась гладкой, без вмятин, царапин, следов бетона.

Дополнительно на строительной площадке была проведена серия экспериментов с целью определения расчетной оборачиваемости щита опалубки с обшивками из ЦСП, модифицированных серой. Согласно полученным данным, средняя оборачиваемость предложенного щита с двойной палубой составила 44 оборота, при полном использовании обеих обшивок щита.

На основе результатов теоретических исследований и производственных испытаний разработана и утверждена “Производственная инструкция по организации опалубочных работ с применением разборно-переставной опалубки из щитов панельного типа с обшивками из ЦСП, модифицированных серой”.

Расчетный экономический эффект от использования технологии пропитки щитов опалубки с двойной палубой из ЦСП на одной пропиточной установке, производительностью 5 м³ в сутки, составляет около 210 тыс. руб. в год. Эффект обусловлен за счет энерго- и ресурсосбережения, а также за счет повышения оборачиваемости щитовой опалубки.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Данные литературных источников и опыт применения новых видов опалубок свидетельствуют о перспективности и технико-экономической эффективности применения щитовой опалубки с использованием в качестве палубы древесных плит с защищенной рабочей поверхностью или модифицированных по всему объему органическими полимерными или минеральными веществами.
2. Предложено использовать щитовую опалубку из цементностружечных плит, модифицированных в расплаве технической серы. Технология предусматривает использование щитов панельного типа с двумя рабочими палубами и съемно-разъемными металлическими креплениями, позволяющими использовать в качестве рабочей поверхности любую из двух сторон щита.
3. Благодаря пропитке серой, более чем вдвое увеличивается модуль упругости ЦСП при поперечном изгибе, что повышает жесткость всей опалубочной системы, позволяет снизить расход материалов на подкрепляющие ребра,

обеспечить ровную поверхность бетонируемых конструкций. Снижается сцепление опалубки с бетоном в зависимости от количества серы, поглощенной плитами при модифицировании.

4. Установлены оптимальные соотношения между основными технологическими параметрами эксплуатации опалубки и степенью пропитки ЦСП серой. Увеличение прочности и жесткости более чем вдвое, необходимые для расчетного сопротивления действию бетонной смеси и обеспечения заданных геометрических форм бетонируемых конструкций, достигаются при 25-30% - м поглощении серы по массе. Таким образом, опалубка по сравнению с немодифицированными ЦСП утяжеляется не более чем на треть. При том же поглощении серы сцепление палубы с поверхностью затвердевшего бетона снижается в 2-2,1 раза, имеет место адгезионный отрыв поверхность бетона после распалубки гладкая, поверхность палубы – незагрязненная.
5. Применение ЦСП, модифицированных серой, позволяет усовершенствовать систему разборно-переставной опалубки, бетонировать горизонтальные и вертикальные конструкции, проводить работы круглогодично или расширить сезонные сроки бетонирования благодаря щитам с двойной палубой и независимости модифицированных ЦСП от атмосферных воздействий.
6. Оборачиваемость щитов разборно-переставной опалубки составляет 44 оборота, что значительно превосходит оборачиваемость инвентарной деревянной опалубки и приближает её к щитовой опалубке с палубой из водостойкой и бакелизированной фанеры или фанеры с плёночным покрытием.
7. Расчетный экономический эффект от использования технологии пропитки щитов опалубки с двойной палубой из ЦСП на одной пропиточной установке, производительностью 5 м³ в сутки, составляет около 210 тыс. руб. в год. Эффект обусловлен за счет повышения оборачиваемости щитовой опалубки, а также за счет энерго- и ресурсосбережения.

Основное содержание диссертации опубликовано в 14 печатных работах, основные из которых:

1. **Тинеев Р.Б., Агапчев В.И., Хасанов Р.Ш.** Конструктивные решения и область применения опалубки из цементностружечных плит, модифицированных серой // Проблемы строительного комплекса России: Сб. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. - С.61.
2. **Тинеев Р.Б.** Теоретическое обоснование применения модифицированных цементностружечных плит для опалубки // Проблемы строительного комплекса России: Сб. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. - С.62.
3. **Тинеев Р.Б.** Технология опалубочных работ с применением щитовой опалубки из цементностружечных плит, пропитанных расплавом серы // Проблемы строительного комплекса России: Сб. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. - С.63.
4. **Тинеев Р.Б., Агапчев В.И., Хасанов Р.Ш.** К вопросу эффективности применения опалубки из цементностружечных плит, модифицированных серой // Проблемы строительного комплекса России: Сб. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. - С.64.
5. **Тинеев Р.Б., Агапчев В.И., Хасанов Р.Ш.** Деформируемость под действием бетонной смеси щитовой опалубки с переменной по толщине жесткостью палубы. // Проблемы прочности материалов и сооружений на транспорте: Сб. – Череповец: Изд-во ЧГУ, 2002. - С.72-73.
6. **Тинеев Р.Б.** Сравнительный анализ работы древесных плит, фанеры, пластика и модифицированных серой цементностружечных плит как материала палубы в конструкциях разборно-переставной опалубки. // Проблемы строительного комплекса России: Сб. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003. - С.66-67.
7. **Тинеев Р.Б., Хасанов Р.Ш.** Расчетные параметры щитовой двухслойной опалубки из цементностружечных плит, модифицированных серой // Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии: Сб. – Тула: Изд-во ТГУ, 2003. - С.69.