

**Кыргызский Государственный Университет
Строительства Транспорта и Архитектуры**

Диссертационный совет Д 05.01.127

На правах рукописи

Азыгалиев Уланбек Шайлообекович

**КОМБИНИРОВАННЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ
БИОСТОЙКОГО ПОЛИАРМИНА НА ОСНОВЕ
ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Бишкек-2001

Работа выполнена на кафедре «Металлические и полимерные конструкции» Кыргызского Государственного университета строительства транспорта и архитектуры.

Научный руководитель: Заслуженный работник образования КР,
доктор технических наук,
профессор Курдюмова В.М.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Исаков О.А.

кандидат технических наук,
с.н.с. Абдывалиев М.К.

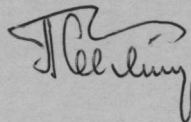
Ведущая организация: Кыргызский научно-исследовательский
и проектный институт строительства –
Кыргыз НИИП строительства

Защита состоится «6» декабря 2001 г. в 14⁰⁰ часов на
заседании диссертационного Совета Д 05.01.127 Кыргызского
Государственного университета строительства транспорта и архитектуры по
адресу: 720020, Бишкек, ул. Малдыбаева 34^б.

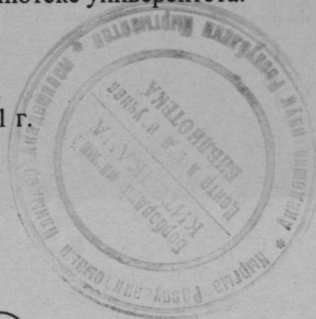
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «3» ноября 2001 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета,
к.т.н., доцент



Т.И. Белинская



Общая характеристика работы

Одним из главных направлений по повышению эффективности строительства является экономия сырьевых ресурсов и снижение материалоемкости при производстве строительных материалов и конструкций.

Кыргызская Республика относится к малолесным районам и особенно нуждается в новых конструкционных композитах, заменяющих натуральную древесину в облегченных конструкциях зданий.

В ходе исследования предложены облегченные конструкции комбинированных панелей покрытий, состоящих из деревянного каркаса биостойкого полиармина, способного противостоять воздействию агрессивных факторов атмосферы.

Полиармин – новый конструкционный композит с наполнителями местных экологически чистых отходов целлюлозосодержащего сырья армирующих элементов и водостойких модифицированных полимерных связующих.

Комплекс свойств полиармина для строительных конструкций мало изучен. Недостаточно исследованы его механические свойства, длительная прочность и деформативность. Отсутствует методика и рекомендации проектированию, расчету и применению комбинированных конструкций зданий из этих материалов с учетом условий их эксплуатации. Не изучена работа композита из нескольких различных материалов (с изменяющимися во времени свойствами) под воздействием кратковременной и длительной нагрузки.

Создание и получение новых облегченных строительных конструкций из полиармина решают актуальную научную проблему, определяющую перспективы ресурсосберегающих технологий путем расширения сырьевой базы для строительства в Кыргызской Республике.

Диссертационная работа выполнена в рамках «Государственной комплексной программы развития науки и техники и новых технологий Кыргызской Республике до 2005 года», раздел «Строительство строительной индустрии» (№ госрегистрации 0000817).

Цель работы – разработка и обоснование методов получения упрочнения полиармина с заданными свойствами на основе местного сырья водостойкого модифицированного связующего, а также оценка прочности деформативности комбинированных конструкций покрытий с использованием.

Задачи исследования:

- обосновать прочностные характеристики армирующих материалов;
- разработать оптимальный состав стружечно-клеевой смеси полиармина на основе водостойких модифицированных связующих;
- провести экспериментальные исследования и разработать способы упрочнения и повышения прочности панелей покрытия из полиармина модифицированных связующих и органических армирующих элементов;

- исследовать прочностные и упругие характеристики полиармина на воздействие кратковременных нагрузок;
- определить экспериментальным путем величины пределов длительного сопротивления и длительного модуля деформаций полиармина при изгибе;
- провести испытания комбинированных армированных панелей покрытий при кратковременной и длительной нагрузках и обосновать совместную работу каркаса, наполнителей и армирующего материала;
- разработать рекомендации по проектированию, расчету и применению легких комбинированных конструкций панелей покрытий из полиармина;
- предложить основные конструктивные решения армированных комбинированных панелей покрытий, выполняющих одновременно роль несущих и ограждающих конструкций в покрытиях малоэтажных зданий.

Научная новизна работы. На основании экспериментально-теоретических исследований впервые разработаны и получены конструкционные армированные плиты (полиармин) повышенной прочности, водостойкости и долговечности для комбинированных конструкций панелей покрытий, выполняющих одновременно несущие, ограждающие и теплозащитные функции. В результате:

- выполнена оптимизация состава биостойкого полиармина с учетом флуктуации наполнителя и армирующего материала и получены уравнения, зависимости между основными физико-механическими свойствами;
- выявлен характер упруго-пластических свойств полиармина и получены величины прочностных и упругих характеристик его;
- исследована адгезионная прочность каркаса структуры комбинированных панелей из полиармина, в зависимости от типа армирующего материала;
- впервые разработана методика расчета и испытаний комбинированных армированных панелей в зависимости от температурных перепадов условий высокогорья;
- выявлено физическое существо ползучести при длительном нагружении конструкции и определено влияние ее на упругие свойства полиармина.

Достоверность результатов работы базировалась на теоретических и экспериментальных исследованиях и обоснована использованием современных средств и статистических методов математического моделирования с привлечением вычислительной техники; планирования многофакторного эксперимента; использованием методов физико-химической механики и механики композиционных материалов; инженерных методов проектирования и расчета конструкций; сопоставлением полученных результатов по предлагаемым теоретическим положениям с опытными данными экспериментальных исследований других авторов.

Значение для науки и практики заключается в разработке и создании легких, теплостойких, водо- и биостойких комбинированных панелей покрытий из полиармина. Разработанная конструкция комбинированной панели покрытия пролетом 3 м, объединяет в себе несущую и теплозащитную функции, а

простота конструкции панели позволила получить изделие за единый цикл одновременного совмещенного прессования трех материалов – каркас древесины + наполнитель с армирующими элементами на водостойком связующем. При получении полиармина предложено использовать современные фенолорезерциновые и полиизоцианатные связующие специальными добавками и доступные методы гидрофобизации его. Опыт промышленные партии панелей покрытий изготовлены в АО КӨК-АРТ (Джалал-Абад) в количестве 299 штук и установлены на строительных объектах Юга Республики – в г. Джалал-Абад, Сузакском и Базаркурганском районах. прошли испытания на ЗСИ г. Кара-Балта Кыргызской Республики.

- Разработаны новые конструктивные решения комбинированных панелей покрытий и предложены изменения в методику расчета ограждающих конструкций из полиармина с жесткой связью деревянного каркаса;
- Разработаны впервые рекомендации по проектированию и расчету облегченных комбинированных конструкций зданий из полиармина, а также методика испытаний их на кратковременные и длительные нагрузки.

Результаты работы определяют социальный и научно-технический эффект - расширение сырьевой базы для строительства, в производстве облегченных конструкций зданий из местного сырья (1 м³ полиармина заменено 2,5 м³ древесины), а также в улучшении экологических условий проживания населения и использованы в учебном процессе при подготовке инженеров-магистров и аспирантов.

Научные положения, выдвигаемые на защиту. Автор защищает:

- конструктивные решения комбинированных панелей покрытий из полиармина с различными видами армирующих материалов;
- оптимизацию состава и свойств конструкционного полиармина, с заданными параметрами для комбинированных конструкций панелей;
- результаты экспериментально-теоретических исследований прочностных деформационных характеристик полиармина для комбинированных панелей;
- результаты исследований адгезионной прочности каркаса конструкций комбинированных панелей покрытий;
- результаты исследований длительной прочности полиармина и длительного модуля деформации при изгибе в комбинированных панелях покрытий;
- результаты исследований несущей способности комбинированной армированной панели покрытия, работающей в условиях ползучести кратковременном и длительном нагружении;
- положения по проектированию и расчету комбинированных конструкций панелей покрытий;
- данные технико-экономической оценки изготовления и применения новых конструкций панелей покрытий в сейсмостойком строительстве;

Апробация работы. Результаты исследований были заслушаны, обсуждены и одобрены: на международных конференциях: «Моделирование и оптимизация в материаловедении» в г. Одессе (2000г.); «Экологиче-

ресурсосбережение в материаловедении» в г.Новосибирске (2000г.); ежегодных научно-технических конференциях в г. Бишкеке (1998-2001гг.), в г. Алматы (1998г.); на научно-техническом семинаре КТУ (г. Бишкек), посвященном I съезду ученых Кыргызстана (2000г.). Материалы рекомендаций по проектированию и расчету облегченных комбинированных конструкций зданий рекомендованы к внедрению 5-ой научно-технической конференцией в г. Бишкек (2000г.) Экспонаты разработок демонстрировались на республиканских выставках (1998-2001гг.). По результатам исследований разработаны методические пособия по курсу «Строительные конструкции из местных материалов». Получен предварительный патент на изобретение № 970005.1, кл.Е.04. В.1/14, 1/61, 1/02. Результаты исследований подтверждены лабораторными и производственными испытаниями.

Публикации: Материалы диссертации опубликованы в 9 научных трудах.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 разделов, выводов и рекомендаций, списка литературы и приложений. Текстовая часть изложена на 178 страницах и приложений на 24 страницах. В работе содержится 46 таблиц, 61 рисунок, список литературы насчитывает 133 наименования, в том числе 12 на иностранных языках.

Содержание диссертации

Введение раскрывает актуальность и перспективы использования комбинированных конструкций панелей покрытий на основе целлюлозосодержащего местного сырья, отмечает их преимущества, обосновывает целесообразность упрочнения композита армирующими материалами. Сформулированы гипотеза и цель исследования, показаны научная новизна и направления практической реализации результатов исследования.

Первый раздел посвящен состоянию проблемы получения и применения конструкционных композитов на основе органического сырья в строительных конструкциях. Даны анализ состава и структуры многокомпозиционных материалов. Приведены отличительные особенности технологии изготовления композита из целлюлозосодержащего сырья. Показаны конструктивные специфические особенности получения полиармина для ограждающих конструкций зданий и даны теоретические предпосылки формирования его структуры на модифицированном водостойком полимерном связующем.

Научные основы, опыт получения и применения конструкционных композитов для строительства внесли отечественные и зарубежные ученые: В.И. Соломатов, В.М. Хрулев, Ю.М. Баженов, В.И. Онегин, С.М. Байболов, В.И. Соловьев, В.М. Курдюмова, Ж.Т. Тентиев, И.А. Наназашвили, Г.М. Шварцман, К.Я. Мартынов, И.К. Касимов, В.В. Стоянов, А.П. Пичугин, Pandli S.N., Porigon с. Conetro, Ernst Brikman и другие.

Литературный обзор позволил дать анализ местного и зарубежного

опыта по исследованию, изготовлению и применению конструкционных композитов в ограждающих конструкциях зданий и подтвердил перспективность этого направления, для Центрально-Азиатского региона, и древесины и другие строительные материалы ввозятся из-за рубежа. Дополнительным источником сырья для производства этих композитов служат остатки однолетних сельскохозяйственных растений – соломы, хлопчатника, табака, костры кенафа и др., имеющих структуру стеблей, близкую к древесине.

В Кыргызском Государственном университете строительства транспорта и архитектуры разработана технология и изучены физические и эксплуатационные свойства композитов целлюлозосодержащего сырья на карбонидоформальдегидных связующих, предназначенных для внутренних ограждающих конструкций.

Создание и разработка эффективных комбинированных конструкций панелей покрытий из водостойкого композита с заданными структурными конструкционными свойствами, с армирующими включениями открывает новый этап в строительстве, определяющий целесообразность использования его в комбинированных конструкциях зданий.

Совершенствование существующих методов проектирования и расчета несущей способности комбинированных конструкций, прочности и устойчивости их с учетом реальных свойств полиармина, определяющая актуальность этой проблемы, формой реализации которой можно считать диссертацию.

Во втором разделе изложены основные методические положения проведения экспериментальных исследований, даны исходные характеристики применяемых материалов, оборудования и приборов, изложены методы оптимизации состава водостойкого полиармина на модифицированных связующих, сформулированы методы определения долговечности полиармина, дана методика испытаний комбинированных конструкций панелей покрытий кратковременное и длительное воздействие нагрузок и оценка достоверности результатов эксперимента.

Для изготовления полиармина использовали сельскохозяйственные отходы и древесные отходы Джалал-Абадской области и Чуйской доли фракциями 10/5 – 5/2,5 насыпной плотностью 60-120 кг/м³, размерами частиц (мм) длиной 8-24, шириной 0,4-0,8; толщиной 0,2-0,6. Влажность частиц 4-6%. Армирующий материал – стебли хлопчатника, табака, тополя длиной – 0,8-1 м диаметром 8-15 мм.

Связующее в полиармине – фенолорезерциновая смола ФРФ-100 (Т-6-05) – 52%, эмульсия полиизоционата (ТУ-113-29-11) – 26%, двуххромовый натрий с карбамидом – 2%, технический парафин (ГОСТ 23683)-2%; вода – 18%. Порошок серы технической (ГОСТ 127.1) – водоотталкивающая пленка поверхности.

Для определения физико-механических свойств образцы вырезались плит полиармина согласно действующим стандартам на аналогичные

композиты (ГОСТ 10632-10636).

Для прогнозной оценки - испытания на теплостойкость и циклическую стойкость при вымачивании - высушивании, замораживании - оттаивании. Адгезионную прочность структуры каркаса плит из полиармина определяли по ГОСТ 15613.1, а характер сцепления заполнителя с арматурой на микроскопическом уровне в РЭМ.

Длительная прочность $\sigma_{дл}$ полиармина найдена по кривой длительного сопротивления, полученной экспериментально. Натурные испытания конструкций панелей на кратковременные и длительные приложения нагрузок проведены по разработанной методике в лаборатории сейсмостойкого строительства КГ УСТА, в АО КЭК-АРТ и ЗСИ г. Кара-Балты.

Третий раздел содержит экспериментально-теоретические исследования прочностных и деформационных характеристик полиармина для комбинированных конструкций панелей покрытий. Автором разработана принципиально новая комбинированная конструкция панели покрытия размером 3000x1000x60 мм, объединяющая в себе несущую и теплозащитную функции (рис.1), изготовлена на основе модифицированного водостойкого связующего и состоит из деревянного каркаса, заполненного проклеенными органическими частицами сложной композиции с лубяным волокном и армирующего материала (стеблей). Каркас панели выполнен из продольных (несущих) и поперечных ребер из цельной или клееной древесины или пластмассовых профильных элементов. Угловые соединения, соединенные на специальных металлических скобах или в шип и проушку с точностью 13-ого качества.

Все деревянные детали проантисептированы и проантипирированы. Технологические регламенты прессования плит: удельное давление 2,0 МПа, температура прессования - 140-150°C, выдержка в прессе - 30 минут.

При проектировании конструкции панели из полиармина учитывались следующие факторы: механическая прочность арматуры, адгезионная прочность каркаса и арматуры с наполнителем, способ передачи высокой прочности арматуры композиту, количество и вид армирующего материала. Зная площади поперечного сечения составляющих стержня, можно получить соответствующие нагрузки в зависимости от количества и типа применяемых компонентов. Приняв за основу зависимость Ф. Беера, изложенное выше можно представить в виде уравнения:

$$\sigma F = \sigma_a \cdot F_a \cdot k + \sigma_{св} \cdot F_{св} + \sigma_{нап} \cdot F_{нап} + \sigma_d \cdot F_d \quad (1)$$

где: σ - средняя величина напряжения на всю площадь поперечного сечения; F - полная площадь поперечного сечения; σ_a , $\sigma_{св}$, $\sigma_{нап}$, σ_d - величины напряжения в арматуре, связующем, наполнителе и древесине; F_a , $F_{св}$, $F_{нап}$, F_d - площади поперечного сечения арматуры, связующего, наполнителя и древесины.

При известных модулях упругости составляющих имеют место следующие соотношения:

$$\frac{\sigma_{св}}{\sigma_a} = \frac{E_{св}}{E_a}, \text{ или } \sigma_{св} = \sigma_a \frac{E_{св}}{E_a}, \quad (2)$$

где: $E_{св}$ - модуль упругости смолы; E_a - модуль упругости арматур (стеблей);

k - коэффициент, учитывающий суммарную плотность арматуры;

$k = \sigma_{max} / \sigma_{дейст}$, где σ_{max} - теоретическая прочность композита; вычисленная г Б.С. Львову; $\sigma_{дейст}$ - действительная прочность композита, МПа.

$$\sigma_{max} = \frac{\beta \cdot \gamma_{св} \cdot \sigma_0}{\alpha \cdot \gamma_{см} + \beta \cdot \gamma_{св}}, \quad (3)$$

где: $\gamma_{св}$ и $\gamma_{см}$ - соответственно удельные веса связующего и стеблей, г/см³; содержание связующего, %; $\beta = (100 - \alpha) \%$; σ_0 - прочность стеблей, МПа.

Установлена адгезионная прочность клеевого соединения деревянно каркаса и арматуры с наполнителем (при содержании связующего 10-12% находящаяся в пределах 7,5-10 МПа.

Определена деформируемость опытных образцов плит при местной сжатии с учетом возможности использования его в панелях покрытий. Установлено, что материал ведет себя как упруго-пластическое тело. Деформации сжатия выражаются степенной функцией: $P^m = k \cdot \Delta h$, где P - удельное давление в момент замера деформаций, МПа; Δh - абсолютная деформация, см; m , k - коэффициенты уравнений деформирован характеризующие упруго-пластические свойства композита.

Оценка деформационных свойств полиармина показала, что его можно применять в ограждающих комбинированных конструкциях зданий различного назначения.

Методами математико-статистического моделирования получены уравнения связи, позволяющие при оптимальном составе клеевой композиции количества введенной арматуры определить требуемые физико-механические свойства полиармина для комбинированных панелей покрытий, подтверждает корректность моделей целевых функций: $Y_1 = f(x_1, x_2, x_3)$, $Y_2 = f(x_1, x_2, x_3)$, где Y_1 - предел прочности при статическом изгибе, МПа; Y_2 - разбухание за 24 часа, %. Исследовали влияние на целевые функции Y_1 основных факторов: x_1 - процент армирования стеблями (2-6%); x_2 - содержание связующего (8-12%); x_3 - отношение по массе частиц различного наполнителя (40-58%). Установлены рациональные границы определены целевых функций: $15 \leq Y_1 \leq 28$ МПа; $Y_2 \leq 6$ %. Уравнения связи имеют вид:

$$Y_1 = 18,25 + 1,86x_1 - 0,97x_1^2 + 0,57x_2 - 1,32x_2^2 - 0,04x_2x_3 - 0,17x_3 + 0,86x_3^2 \quad (4)$$

$$Y_2 = 4,29 - 0,24x_1 + 0,59x_1^2 - 0,04x_1x_2 + 0,06x_1x_3 - 0,49x_2 - 0,21x_2^2 + 0,04x_2x_3 - 0,51x_3^2 \quad (5)$$

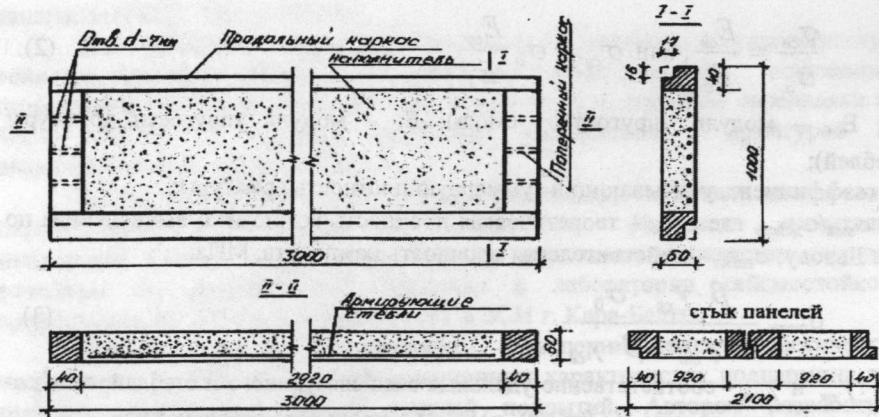


Рис.1. Комбинированная конструкция панели покрытия из полиармина

Основные показатели механических свойств полиармина приведены в табл.1 и табл.2.

Таблица 1

Значения предела прочности полиармина при статическом изгибе, полученные расчетным путем и в результате опытных испытаний

Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа		Разница		Модуль упругости, МПа		Разница	
	Вычисленный	Опытный	МПа	%	Вычисленный	Опытный	МПа	%
580	20,8	21,2	-0,4	-2,22	1693,5	2100	-39,5	-2,28
600	21,6	22,6	-1	-4,67	2818,8	2900	-81,2	-4,42
650	25,6	26,6	-1,0	-4,67	3111	3200	-89,0	-4,51

Таблица 2

Сравнительные показатели механических свойств полиармина для панелей покрытий с неармированными плитами (соответственно на смоле ФРФ-100 и ФРФ-50)

Показатели	Плиты	
	армированные	Неармированные
- Предел прочности при статическом изгибе, МПа	15,4 - 27,6	12 - 14
- Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, МПа	0,25 - 0,34	0,2 - 0,26
- Модуль упругости, МПа	$2 \cdot 10^3 - 3,3 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3 - 1,6 \cdot 10^3$
- Удельное сопротивление выдергиванию гвоздей, Н/см;	из пласти 30-70	из кромок 98-110 30-60
- Твердость, МПа	21,5 - 23,6	18,4 - 21,5

Четвертый раздел содержит экспериментальные исследования оценки расчетных характеристик полиармина в комбинированных конструкциях панелей покрытий. Выявлено влияние особенностей армирующих материалов на несущую способность армированных плит. Для каждой серии армированных образцов (20 штук) определены прочностные и деформационные характеристики исходной плиты, испытанные при этом и контрольные образцы неармированной зоны каждой плиты.

В сжатых и растянутых элементах процент армирования был вычислен как отношение площадей сечения армирующего материала и плиты изгибаемых – как отношение соответствующих моментов инерции.

Анализ результатов испытаний показал, что характер разрушения зависит от типа армирующего материала, степени упрочнения плит напряженного состояния образцов. При растяжении образцы, армированные стеблями табака, разрушались от одновременного разрыва плиты и арматуры. В образцах со стеблями тополя вначале имел место разрыв, а затем срез плиты вдоль арматуры. В первом случае прочность рабочих стержней табака используется полностью, во-втором – из-за значительной разницы в величине предельных деформаций высокая прочность стеблей дает нестабильное разрушение. Разрушение образцов, усиленных стеблями хлопчатника, при статическом изгибе носило стадийный характер, причем, образцы с высокой степенью усиления ($\rho > 5\%$) разрушались в заключительной стадии наклонным сечением у опор. Анализ относительных механических характеристик показал пропорциональный рост указанных величин в плитках армированных стеблями хлопчатника и стеблями тополя лишь определенного уровня -6%. (рис.2)

Установлено, что коэффициенты армирования конструктивных плит с учетом оптимальных прочностных показателей и вида армирующего материала находятся в пределах 0,05-0,06. Количество армирующих стеблей зависит от их диаметра колеблется в плите от 10 до 16 шт.

Определены данные расчетных сопротивлений армированных плит со стеблями хлопчатника – $R_u = 10,2$ МПа; $R_p = 5,7$ МПа; $R_c = 4,5$ МПа; стеблей тополя – $R_u = 8,9$ МПа; $R_p = 5,3$ МПа; $R_c = 4,4$ МПа.

Для получения аналитической зависимости прочностных и деформативных характеристик от процентного содержания армирующего материала, исследование тесноты корреляционной связи между процентом армирования (x_1) и относительными показателями прочности (Y_1) и модулем упругости (Y_3) показало близость ее к функциональной. Способом наименьших квадратов получены уравнения связи целевых функций $Y_1 = f(x_1)$ и $Y_3 = f(x_1)$:

$$Y_{1x_1} = 5,7 + 4,98x_1 - 0,4x_1^2 \quad (1)$$

$$Y_{3x_1} = 1716 + 1392,7 - 11x_1^2 \quad (2)$$



Рис.2. Зависимость прочности плит при изгибе от диаметра стеблей и процента армирования (при плотности полиармина 650 кг/м³).

— экспериментальная — — — вычисленная

Сравнение опытных и вычисленных величин показало их близкое (в пределах 4,0%) совпадение. В результате анализа корреляционных уравнений связи подтверждено, что наибольшее относительное увеличение прочности имеет место в плитах, усиленных стеблями хлопчатника и тополя.

Далее исследуется изменчивость механических свойств армированных плит. Приведены коэффициенты однородности пределов прочности и модулей упругости и показано, что повышение однородности армированных плит в среднем на 20-30% по сравнению с неармированными.

Пятый раздел содержит результаты экспериментальных исследований несущей способности комбинированных конструкций панелей покрытий при длительном и кратковременном действии нагрузок. Выявлено влияние длительного нагружения на прочностные и упругие свойства композита в конструкциях панелей с учетом ползучести.

С целью проверки несущей способности и жесткости новых конструкций на статический изгиб было испытано по разработанной методике 9 образцов панелей армированных (3 - стеблями хлопчатника; 3 - стеблями табака; 3 - стеблями тополя) по схеме двухпролетной балки (длина загружаемой половины принята по 1,5 l с каждой стороны). Нагружение панелей осуществляли равными ступенями штучными грузами (чугунными чушками) вплоть до

разрушения, фиксируя деформации на каждой ступени нагрузки. В результате испытаний найдены экспериментальные жесткости образцов панелей, которые близки к теоретическим. Величина коэффициентов запаса прочности во всех случаях не ниже 2,5. Значения напряжений и прогибы в элементах панелей приведены в табл.3.

Таблица

Результаты испытаний панелей покрытий на изгиб

Тип панели	Разрушающая нагрузка, МПа	Сечение ребер, мм	Средние напряжения, МПа		Прог см
			В полиармине между ребрами	В ребрах каркаса	
I	115,2	60 x 41	2,41	15,3	0,9
	111,6	65 x 40	2,11	13,37	0,9
II	110,0	60 x 40	2,99	13,92	1,0
III	114,1	60 x 40	2,69	14,12	0,9
	110,8	65 x 40	2,28	12,23	0,9

Разрушение конструкции произошло вследствие потери устойчивости крайнего продольного ребра в середине пролета и полиармина в средней части плиты. Прогиб плит при нормативной нагрузке 2,2 кН/м составил 1/164-1/пролета. Измерения относительных деформаций в среднем сечении плиты показали, что полиармин в плитах работает равномерно. Разрушение носило пластический характер. Коэффициенты неравномерности распределения нормальных напряжений по сечению плиты (K^H) составили: при нормативной нагрузке - 0,76; расчетной - 0,73. С увеличением нагрузки « K^H » имела тенденцию к уменьшению.

Длительные испытания проводились в условиях, приближенных к эксплуатационным с конца сентября 1999 г. по начало сентября 2000 г. В период испытаний измеряли интенсивность снеговой нагрузки, деформации панели и влажность составляющих. Панель загружалась полными нормативными нагрузками с укрытием от атмосферных осадков рубероидом. Начальный прогиб испытываемых плит был одинаков и составлял 7 мм. В течение времени прогибы возрастали до 14 мм. Увеличение прогибов характерно для первых 60 суток. Длительные деформации через 105 суток составили 9,5 мм, полные 16,5 мм. После 105 суток плита была разгружена. Нормативной длительной (150 кгс/м²). При этом прогиб плиты уменьшился до 6,9 мм и составил 9,6 мм. В дальнейшем деформации практически не изменялись и через 160 суток с начала испытания составили 9,9 мм.

По результатам исследований наша панель работает как цельная жесткая коробчатая система, причем основную нагрузку воспринимают деревянные каркас и армирующий материал, поэтому высоту продольных ребер армированных панелей покрытий рекомендуется принимать равной 60 мм, ширину 40-50 мм. Это подтверждается расчетом панели по приведенным

поперечному сечению. За время испытаний осенне-зимнего периода приращение влажности плит не превысило допустимого предела, равного 5%.

Комбинированная конструкция панели из полиармина обладает свойствами «последствия» (ползучести), т.е. роста деформаций в течение некоторого времени после приложения нагрузки. Испытаниями полиармина длительной нагрузкой в течении 165 суток принята линейная зависимость логарифма времени « t » до разрушения от напряжения « σ_t ». Исходя из экспериментальных данных испытаний, средняя длительная прочность полиармина для срока действия неизменной нагрузки в течение 20 лет составляет 55%. По результатам испытаний построены кривые длительного сопротивления. Максимальное расхождение кривых длительной прочности, полученных экспериментально и по зависимости « σ_t » не превышает 3,9%. Коэффициент длительной прочности полиармина « K_1 » = 0,58-0,6 $\sigma_{пр}$.

Установлено, что ползучесть армированных и неармированных плит при статическом изгибе имеет ограниченный характер. Относительное снижение прочности для плит I-го типа – 45%; II-го типа – 48%; III-го типа – 46%. Периоды затухающей ползучести для неармированных плит примерно 50-70 суток. Для армированных – 165 суток. Это объясняется, по видимому, наличием «сдвигов» арматуры относительно проклеенной композиции плиты. На основании кривых ползучести построены кривые изменения модулей длительной деформативности. Модуль длительной деформативности получился равным для I-го типа плит – 57%; для II-го типа – 53%; для III-го типа – 55%. В результате обработки данных исследований получено выражение для определения модуля деформаций на заданный момент времени E_t :

$$E_t = \frac{E_{ан}}{1 + \left(\frac{1}{n_{дл}} - 1\right) (1 - e^{-kt})^m} \quad (8)$$

где: $E_{ан}$ – модуль упругости армированной плиты; $n_{дл}$ – коэффициент длительного модуля деформаций; t – время в сутках; k и m – эмпирические коэффициенты, равные соответственно 0,032 и 0,69.

Учитывая, что комбинированная панель покрытия представляет собой конструкцию из трех совместно работающих материалов, несущая способность армированной панели ($N_{ан}$) предложено подсчитывать по формуле:

$$N_{ан} = R_{ан} \cdot S \cdot K_0 \cdot K_{дс} \cdot m_{пр} \cdot K_a \quad (9)$$

где: $R_{ан}$ – средняя прочность армированной плиты, рассматриваемой как однородный материал; S – геометрическая характеристика сечения без учета арматуры; K_0 , $K_{дс}$ и $m_{пр}$ – коэффициенты однородности, длительного сопротивления и условий работы; K_a – коэффициент армирования.

Прогиб изгибаемой панели в общем случае имеет вид:

$$f = \Phi \frac{q_{пр}}{J_{пр} \cdot E_n \cdot K_0^E} \quad (10)$$

где: Φ – число, зависящее от статической схемы элемента, характера нагрузки и пролета; $q_{пр}$ – приведенная к кратковременной нагрузке; $J_{пр}$ – приведенный момент инерции армированного сечения; E_n – средний модуль упругости неармированной плиты; K_0^E – коэффициент однородности модуля упругости армированного элемента, принимаемый равным 0,8. Результаты испытаний подтверждены актами производственной проверки.

В шестом разделе дан технико-экономический анализ возможности целесообразности применения комбинированных конструкций панелей покрытий. Экономический эффект от применения новых панелей на 1000 покрытия здания составляет 82 тыс. сом с одновременной экономией 120 древесины и 25 м³ теплоизоляционных материалов. Экономический эффект выпуска и применения 10 тыс. м³ полиармина составляет 898 тыс. сом, экономия сырьевых заготовок из натуральной древесины составит 2,5 м³ на 1 полиармина из целлюлозосодержащего сырья. Масса панельного покрытия полиармина и трудоемкость его монтажа примерно в 3 раза меньше, чем конструкции эталона-аналога.

Основные выводы

1. Научно обоснована и экспериментально подтверждена возможность применения конструкционного полиармина на водостойком модифицированном полимерном связующем в совмещенных комбинированных конструкциях, выполняющих в себе одновременно несущую и теплозащитную функции (K_t полиармина – 0,08-0,09 Вт/(М·К).

2. Разработана математическая модель оптимизации состава клеесырьевой композиции и количества введенной арматуры, дающая возможность определить требуемые физико-механические свойства полиармина и получить конструкции комбинированных панелей покрытия заданными свойствами.

3. Установлена величина адгезионной прочности клеевого соединения каркаса и арматуры с композицией наполнителя от количества вводимого модифицированного связующего (10%), находящаяся в пределах 9,5 МПа. Упрочнение комбинированных панелей покрытий достигается за счет армирования полиармина. Это повышает прочность и стойкость конструкции температурно-влажностным воздействиям, что подтвердили ускоренные циклические и длительные натурные испытания. Физико-механические свойства полиармина превосходят неармированные плиты. Так, прочность при изгибе соответственно: 25,6/14 МПа, модуль упругости – 3,3·10³/1,6·10³ МПа, разбухание по толщине – 4,5/12%.

4. Кратковременными испытаниями армированных плит выявлена пропорциональная зависимость между количеством армирующего материала прочностью (жесткостью) плиты. Эффективность армирования зависит как от типа армирующего материала, так и от напряженного состояния элемента. По результатам испытаний величина коэффициентов запаса прочности во всех случаях составила 2,24-2,5. Относительный прогиб конструкций панелей

находится в нормах допустимого - $f/l = \frac{1}{164} \pm \frac{1}{250}$, (СНиП II-25-80).

5. Усиление конструкций сверх предельных величин процента армирования не приводит к пропорциональному увеличению прочности при изгибе. Предельный процент армирования – 6%. Стебли хлопчатника и тополя, имея высокий модуль упругости, влияют в большей степени на жесткость конструкции плит и в меньшей - на прочность, при вычислении геометрических характеристик сечений, армированных стеблями, к величине модуля упругости арматуры необходимо вводить поправку, учитывающую податливость связей (арматуры), при поперечном изгибе – 0,75, растяжении – 0,72.

6. Армирование почти при всех видах напряженного состояния повышает однородность конструкционных плит как по прочности, так и по жесткости. В первом приближении, при доверительной вероятности 0,964, коэффициенты перехода к нормативным характеристикам могут быть приняты: 0,7 – к прочности на сжатие, растяжение и изгиб; 0,8 – к модулю упругости независимо от напряженного состояния и типа армирующего материала.

7. Испытания армированных и неармированных плит на изгиб при длительном воздействии нагрузок показали, что те и другие обладают затухающей ползучестью. Деформирование образцов для первых прекратилось через 160 суток, для вторых через 50-70 суток. Этот затяжной характер деформирования полиармина объясняется, по-видимому, наличием сдвигов арматуры относительно плиты. Длительная прочность полиармина при изгибе составляет 55-58% от предела прочности, длительный модуль деформаций составляет 56-65% от модуля упругости. Таким образом, эффективность армирования проявляется и при длительном воздействии нагрузок.

8. На основе экспериментальных данных построены кривые длительного сопротивления армированных плит и кривые изменения модуля длительной деформативности при изгибе, а также определена несущая способность комбинированных армированных панелей покрытий и прогиб с учетом новых прочностных характеристик.

9. Разработаны и изданы рекомендации по проектированию и расчету облегченных комбинированных конструкций и предложены изменения в методику расчета ограждающих конструкций из полиармина с жесткой связью деревянного каркаса. Установлено, что комбинированные конструкции панелей могут применяться в ограждающих элементах покрытий отапливаемых и неотапливаемых зданий. Разработанная автором комбинированная конструкция панели покрытия совмещает в себе несущую и теплозащитную конструкции и может перекрывать пролет до 3 м. Лабораторные статические и теплотехнические, а также натурные испытания панелей в течение одного года показали, что несущая способность, жесткость и термическое сопротивление панелей соответствуют расчетным и отвечают требованиям, предъявляемым к ограждающим конструкциям зданий.

10. Экономический эффект от выпуска и применения 10 тыс м³

полиармина в комбинированных панелях покрытий составляет 898 тыс. сом экономия натуральной древесины - 2,5 м³ на 1 м³ полиармина целлюлозосодержащего сырья. Весовые показатели панели и трудоемкость монтажа снижаются по сравнению с аналогами более чем в 3 раза, что крайне важно при возведении зданий в районах с высокой сейсмической активностью.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Курдюмова В.М., Ильченко Л.В., Азығалиев У.Ш. Экспериментальные теоретические исследования прочности композитов в ограждающих конструкциях зданий // Материалы Международной научно-технической конференции «Проблемы строительства на пороге XXI века», ч.1. КГУСТА, – Бишкек, 2000 – с.46-53.

2. Азығалиев У.Ш. Методы испытания комбинированных конструкций панелей покрытия из местного сырья // Материалы Международной научно-технической конференции «Проблемы строительства на пороге XXI века», ч.1. КГУСТА, – Бишкек: Илим. 2000 – с.175-182.

3. Азығалиев У.Ш. Опытное определение упругих характеристик полиармина для комбинированных конструкций зданий // Материалы Международной научно-технической конференции «Проблемы строительства на пороге XXI века», ч.3. КГУСТА, – Бишкек: Илим. 2000 – с.83-89.

4. Курдюмова В.М., Масиркулов К.Т., Азығалиев У.Ш. Деформационные свойства композиционных материалов из растительного сырья и ограждающих конструкций зданий // Материалы Международной научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы развития строительной науки», ч.1. КГУСТА, – Бишкек, 2000. – с.17-24.

5. Курдюмова В.М., Ильченко Л.В., Азығалиев У.Ш. Исследования упругих характеристик полиармина из отходов растительного сырья для комбинированных плит покрытий // Международные сборники научных трудов «Экология и ресурсосбережение в материаловедении», НГАУ, -Новосибирск, 2000. – с.113-114.

6. Азығалиев У.Ш. Оптимизация состава полиармина для комбинированных плит покрытий // Материалы Международного семинара «Моделирование оптимизация в материаловедении», Международная инженерная академия Одесса: Астропринт, 2000-с.109-111

7. Курдюмова В.М., Тентиев Ж.Т., Ильченко Л.В., Азығалиев У.Ш. Рекомендации по проектированию и расчету облегченных комбинированных конструкций зданий из местного композиционного материала, КГУСТА, Бишкек: ИД «Наука и образование», 2001. – 39с.

8. Курдюмова В.М., Азығалиев У.Ш. Экспериментально-теоретические исследования повышения прочности плит покрытий из полиармина // Сборники научных трудов «Проблемы строительной отрасли и пути их решения», ч.1. КыргызНИИП строительства, – Бишкек: Технология. 2001. – с.83-87.

9. Курдюмова В.М., Ильченко Л.В., Азығалиев У.Ш. Адгезионная прочность каркаса структуры конструкционных плит покрытия // Сборники научных трудов «Проблемы строительной отрасли и пути их решения», ч.1. КыргызНИИП строительства, – Бишкек: Технология. 2001. – с.83-87.

травов «Проблемы строительной отрасли и пути их решения», ч.2. КыргызНИИСтроительства, – Бишкек: Технология. 2001.– с.69-74.

Аннотация

Выполнен комплекс исследований в области создания и получения легких комбинированных конструкций панелей покрытий из биостойкого композита-полиармина на основе целлюлозосодержащего местного сырья. Разработан метод оптимизации состава многокомпонентного полиармина и укрепления конструкции панели покрытия, выполняющей одновременно несущую, ограждающую и теплозащитную функции.

Для конструкционного композита применены модифицированные резерциновые и полиизоцианатные связующие и органические армирующие элементы, обеспечивающие прочность и долговечность его в ограждающих конструкциях зданий.

Научно обоснована адгезионная прочность каркаса структуры конструкционных армированных плит, определены прочностные и деформационные характеристики и дана оценка расчетных характеристик их при кратковременном и длительном нагружении. По результатам натурных испытаний комбинированных панелей покрытий выявлено влияние длительного нагружения на прочностные и упругие свойства конструкций. Получены величины пределов длительного модуля деформаций полиармина для строительных конструкций. Разработаны рекомендации по проектированию, расчету и применению комбинированных конструкций панелей из полиармина, работающих в условиях ползучести.

Результаты экспериментально-теоретических исследований и предложенные инженерные методы расчета панелей реализованы в производстве с достижением технико-экономического эффекта и соблюдения требований экологии.

Аннотация

Целлюлоза камтыган жергиликтүү сырьенун негизинде биотуруктуу композит-полиарминден турган катыштуу конструкциядагы жеңил жабуу панелдерин жаратуу жана өндүрүү тармагында изилдөөлөрдүн комплекси аткарылды. Бир эле мезгилде которуу, тосуу жана ысык өткөрбөөчүлүк функцияларын аткаруучу жабуу панелдерин бекемдөө жана көп компоненттүү полиарминдин составын оптимизациялоонун усулу иштелип чыкты.

Конструкциялык композит үчүн имараттардын тосуучу конструкцияларындагы анын бекемдегин жана түбөлүктүүлүгүн камсыз кылуучу модификацияланган резерциндик жана полиизоцианаттык байланыштыруучу жана органикалык армирдөөчү элементтер колдонулду.

Конструкциялык армирдик плиталардын каркасынын курулушунун адгезиондук бекемдиги илимий жактан негизделди, алардын узак жана кыска мөөнөткө жүктөлгөн абалында эсептик мүнөздөмөлөрдүн баасы берилди,

бекемдик жана деформациялык мүнөздөмөлөрү аныкталды. Катыштык па жабууларын натурдук сыноолордун жыйынтыктары боюнча узак мезгилдейин жүк басууда конструкциялардын бекемдик жана серпилгичтүү өзгөчөлүктөрүнө тийгизген таасири белгилүү болду. Курулу конструкциялары үчүн полиарминдин деформацияларынын узак модулу чондугунун чектери алынды. Жылып туруучу шарттарда иштөөчү панелдер, катыштык конструкцияларын долбоорлоо, эсептөө жана колдонуу бою жолдомо-пикирлер иштелип чыкты.

Эксперименталдык-теориялык изилдөөлөрдүн жайынтыктары ж сунуш кылынган панелдерди инженердик эсептөө усулдары техникал экономикалык эффектке жетишүү жана экологиянын талаптарын сактоо м өндүрүштө иш жүзүнө ашырылды.

Abstract

Research complex was carried out in the field of development production of combined light roof panel structures made using bio-firm compos poliarmin on base of cellulosebased local raw materials. An optimization method policomponent polyarmin composition and strengthening of a roof panel struct which serves as carrying and as well as heat-insulating functions, are developed.

Modified resersin and poliizocianat binding materials and organic reinforcement elements are used for structural composite (poliarmin) provid strength and durability of building structures.

Adhesive strong structural frame of structural reinforced slabs scientifically based, strength and deformation characteristics were determined calculation characteristics under short-term and long-term loading were estima Influence of long-term loading to strength and elastic properties of structures determined as a result of full size testing of combined roof panels. Limit values long-term deformation module for building structures are determin Recommendations for design, calculation and usage of combined roof pa structures, made of poliarmin and working under creep conditions, are developed.

The results of experimental-theoretical studies and proposed engineer calculation methods of panels are implemented in industrial production v technical-economical efficiency and ecological security.

Подписано в печать 22.10.2001г. Формат бумаги 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офс.. Печать офс. Объем 1 п.л. тираж 100 экз. Заказ № 77.

Бишкек, 720020 Малдыбаева 34^б, КГУСТА