

7. Строительные нормы и правила. Кровли: СНиП II-26-76. – Введ. 01.01.76. – М.: Госстрой СССР, 1976. – 21 с.

8. Технический кодекс установившейся практики. Кровли. Строительные нормы проектирования и устройства: ТКП 45-5.08-277-2013. – Взамен СНБ 5.08.02-2000; Введ. 01.06.2013. – Мн.: Минстройархитект. РБ, 2013. – 23 с.

9. Технический кодекс установившейся практики. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006. – Введ. 01.07.07. – Мн.: Минстройархитект РБ., 2007. – 32 с.

10. Устинов, Б.С. Ремонт кровель из рулонных материалов с полной заменой старых слоев новыми / Б.С. Устинов // Промышленное строительство. – 1991. – №4. – С. 18-20.

11. Ройтман, А.Г. Ремонт и реконструкция жилых и общественных зданий / А.Г. Ройтман, Н.Г. Смоленская. – М.: Стройиздаг, 1978. – 234 с.

12. Беляев, Л.И. Повышение долговечности кровель / Л.И. Беляев // Жилищное строительство. – 1997. – №11. – С. 19–22.

12. Черноиван, В.Н. Устройство и ремонт совмещенных рулонных кровель / В.Н. Черноиван. – Брест: Издательство УО «БрГТУ», 2004. – 151 с.

13. Черноиван, В.Н. Реабилитация совмещенных утепленных рулонных кровель / В.Н. Черноиван, Н.В. Черноиван. – Кишинев: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 93 с.

14. Цветков, А.К. Исследование влияния температурно-влажностных воздействий на изменение внутренних напряжений в клееных деревянных конструкциях: дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / А.К. Цветков. – М, 1977. – 163 с.

УДК 691.168

*Шабанов Д.Н., Пузиков Р.В.*

## **ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

На данный момент трудно представить себе стройку, будь то строительство многоэтажного жилого комплекса или небольшого домика на даче без использования строительной арматуры. В странах СНГ всё большим спросом пользуются новые технологии, достаточно прочно укрепившиеся на Западе и показавшие целесообразность своего применения. Одной из таких технологий является применение стеклопластика для армирования бетонных изделий. Стеклопластиковая арматура по праву занимает все более прочные позиции в современном строительстве. Изучается зависимость относительных деформаций (в дальнейшем  $\epsilon$ ) от рецептурно-технологических факторов. После этого был поставлен трехуровневый шестифакторный эксперимент, спланированный по плану Хартли и служащий для построения полиномиальных регрессионных моделей [1], [2]. Предварительный анализ показал, что признак  $\epsilon$  линейно зависит от  $P$  (нагрузки). Линейный коэффициент корреляции между  $\epsilon$  и  $P$  равен 0,826. После этого был проведен сравнительный анализ значений основных характеристик при различных значениях факторов и полученная величина относительной деформации  $\epsilon_{\min} = 0,005$ . Арматура из стеклопластика (еще в 60-х годах прошлого века) получила распространение в качестве альтернативы металлической.

Бетон как материал для железобетонных конструкций должен обладать вполне определенными, наперед заданными физико-механическими свойствами: необходимой деформативностью, хорошим сцеплением с арматурой, достаточной плотностью (непроницаемостью) для защиты арматуры от коррозии.

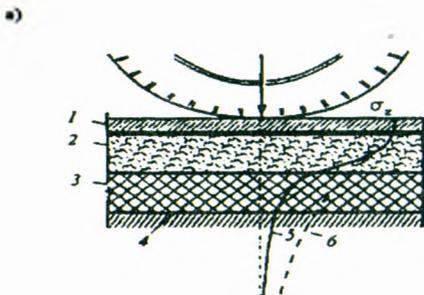
Структура бетона оказывает большое влияние на прочность бетона. Чтобы уяснить этот вопрос, рассмотрим схему физико-химического процесса образования бетона.

Исследования показали, что теории прочности, предложенные для других материалов, к бетону неприменимы. Зависимость между составом, структурой бетона, его прочностью и деформативностью представляет собой задачу, над которой работают исследователи. Суждения о прочности и деформативности бетона основаны на большом числе экспериментов, выполненных в лабораторных и натуральных условиях.

В зависимости от эксплуатационных дорожных условий (горизонтальные участки, прямолинейные в плане, участки с продольным уклоном, участки на кривых в плане, участки на кривых в продольном профиле и др.), а также от режима движения (равномерное движение с постоянной скоростью, ускоренное или замедленное движение и др.) в процессе движения автомобиля по дороге на дорожную одежду действуют различные силы взаимодействия между колесами автомобиля и дорожной конструкцией.

К ним относятся силы, нормальные к поверхности проезжей части, и силы, касательные к поверхности проезжей части, которые, в свою очередь, подразделяют на силы, направленные вдоль траектории движения колес, или продольные, и силы, направленные перпендикулярно к траектории движения колес, или поперечные.

Нормальная сила давления колеса (от веса автомобиля), воздействующая на дорожную одежду, является основной расчетной нагрузкой для ее проектирования и расчета на прочность.



1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дополнительный слой основания; 4 – подстилающий грунт;  
5 – напряжения в дорожной одежде; 6 – напряжения в однородном грунте  
а – эпюра вертикальных напряжений  $\sigma_z$

Рисунок 1 – Напряжения от колес автомобилей в многослойной дорожной одежде

Воздействие автомобиля на дорожную одежду характеризуется нагрузкой, приходящейся на ось, удельным давлением в зоне контакта колеса автомобиля с покрытием, временем приложения нагрузки, частотой ее повторения и динамичностью приложения. Величина осевой нагрузки зависит от грузоподъемности автомобиля, количества осей и схемы их расположения. Время приложения нагрузки зависит от скорости движения автомобиля. Указанные показатели автомобильных нагрузок определяют их воздействие на дорожную одежду, ее напряженно-деформированное состояние, износ, работоспособность и срок службы. Основные факторы, являющиеся причинами образования и накопления деформаций и появления разрушений конструктивных элементов автомобильных дорог в процессе эксплуатации, по отношению к условиям работы этих элементов можно разделить на внешние, не зависящие от дороги, и внутренние, непо-

средственно зависящие от дороги. Главными из них являются внешние факторы, к которым относится воздействие автомобильной нагрузки и природно-климатических условий. Статические и динамические вертикальные (нормальные) и касательные (тангенциальные) силы, передаваемые колёсами транспортных средств через дорожную одежду на земляное полотно, вызывают напряжения и деформации в его теле, вследствие чего земляное полотно изнашивается и разрушается.

При достижении недопустимых напряжений в грунте земляного полотна возникают существенные деформации в виде осадок, расползания насыпей, сползания откосов и т.д. Величина допустимых напряжений в грунте зависит от его физико-механических свойств, которые, в свою очередь, зависят от типа грунта, степени его уплотнения и влажности. Кроме того, под действием природно-климатических факторов могут возникать деформации и разрушения земляного полотна, которые в начальной стадии не оказывают влияния на состояние дорожной одежды. Это различные формы разрывов земляного полотна, выдувание обочин и др. Однако эти деформации и повреждения должны быть немедленно устранены, поскольку при дальнейшем их развитии разрушение дороги примет общий характер.

Под деформацией понимают изменение размеров или формы тела без уменьшения его массы и без потери сплошности. Разрушение - это изменение размеров и формы тела с изменением (уменьшением) массы тела или потерей сплошности. В практической деятельности все виды деформаций и разрушений часто относят к дефектам состояния дороги, которые включают в себя также отступления от проектных решений или нормативных требований по геометрическим параметрам, инженерному оборудованию и обустройству дорог, организации и безопасности движения, эксплуатационному состоянию дорог и др.

Причиной возникающих деформаций могут быть проектные ошибки и строительные недостатки, недостатки в содержании и ремонте, условия эксплуатации дорог, природно-климатические факторы. Чаше всего причиной возникновения деформаций является сочетание нескольких из перечисленных факторов, действующих одновременно. На правильно спроектированной, построенной и эксплуатируемой дороге в пределах межремонтных сроков службы дорожных одежд и покрытий не должно быть разрушений (кроме износа покрытий), но могут быть деформации в допустимых пределах.

Для того чтобы объективно оценить свойства бетона, нам их нужно каким-то образом измерить. Основной элемент полупроводникового тензодатчика – сверхтонкая прямоугольная плёнка монокристалла кремния, прикреплённая для удобства обращения к подложке.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) – устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код (цифровой сигнал). Обратное преобразование осуществляется при помощи цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Аналоговый сигнал в АЦП преобразуется в последовательность цифровых значений. Следовательно, необходимо определить частоту выборки цифровых значений из аналогового сигнала.

Тарировка датчиков осуществляется с помощью тарировочного устройства. Тарировочным устройством подается входной сигнал и проводится измерение величины входного тока, чем определяется зависимость  $I=f(\epsilon)$ . Для тарировки (градуировки) короткобазового датчика кольцевого типа служит пикнометрическая установка (на рис. 2).

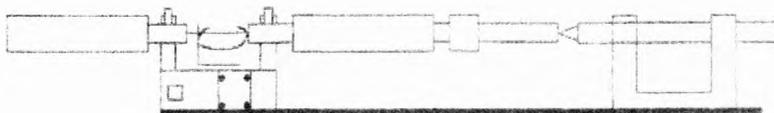


Рисунок 2 – Пикнометрическая установка

Кольцевые упругие элементы обоснованы наилучшими технико-метрологическими характеристиками по сравнению с другими формами преобразователей. Тарировочная установка представляет собой металлическую основу с двумя видами тензодатчиков, соединенную посредством стержней с пикнометром, обеспечивающим нагружение. Тензодатчики должны работать синхронно при плотном их касании друг с другом рабочими частями. Данная установка является основой измерительного прибора, разработанного Ю.В. Попковым. Прибор получил название «индикаторный тензометрический преобразователь деформаций». Особенностью прибора является совмещение преимуществ механических и электрических тензометров, что повышает надежность результатов измерений и автоматизацию записи в процессе испытаний железобетонных конструкций.

Простейшим из них может служить прямолинейный отрезок тонкой проволоки, закрепленной с помощью клея на контролируемой детали. При деформации детали одновременно будет деформироваться и наклеенная проволока (тензодатчик). Значит, будут изменяться длина проводника, площадь поперечного сечения и удельное сопротивление материала проводника вследствие изменения структуры материала. Материал проволоки тензодатчика имеет высокую прочность и упругость.

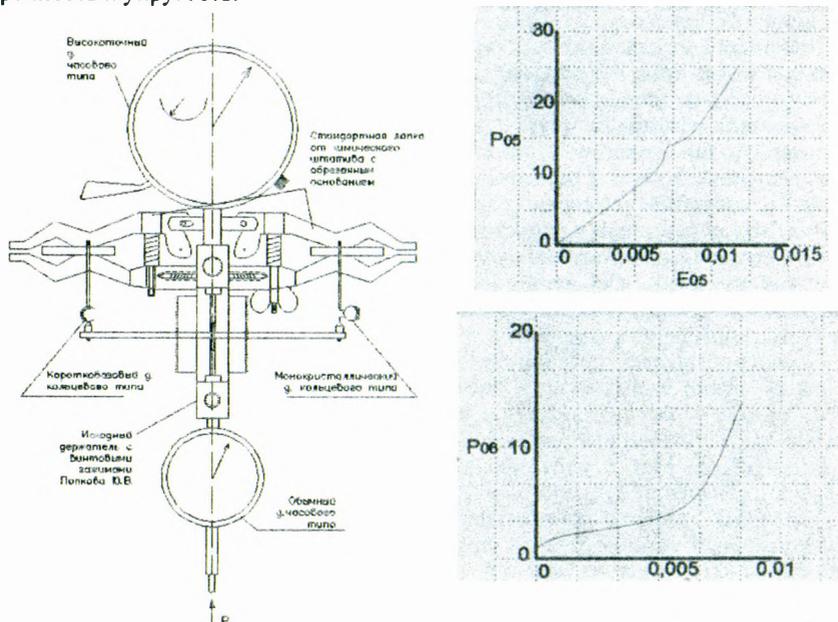


Рисунок 3 – Схема измерителя деформаций и графики зависимости деформаций от нагрузки

Со временем хотелось бы сделать покрытие наших дорог лучше и устойчивее к износу. В нашем университете был разработан способ, который улучшил бы свойства бетона для дорожных покрытий (увеличилась бы износостойкость) – стеклопластиковая арматура (СПА).

Применение композитной стеклопластиковой арматуры увеличивает срок службы конструкций в 2-3 раза по сравнению с применением металлической арматуры, особенно при воздействии на них агрессивных сред, в том числе содержащих хлористые соли, щелочи и кислоты. Стоит также отметить, что стеклопластиковая арматура довольно неприхотлива к условиям эксплуатации. Так, арматура может использоваться при различных температурных режимах, от – 70 и до +100 градусов Цельсия. Стеклопластиковая арматура практически не подвержена коррозии и имеет более длительный срок службы. Также, чтобы арматура работала эффективно в дорожном покрытии, её нужно связать в каркас. Вот примеры такого каркаса (рис. 4).

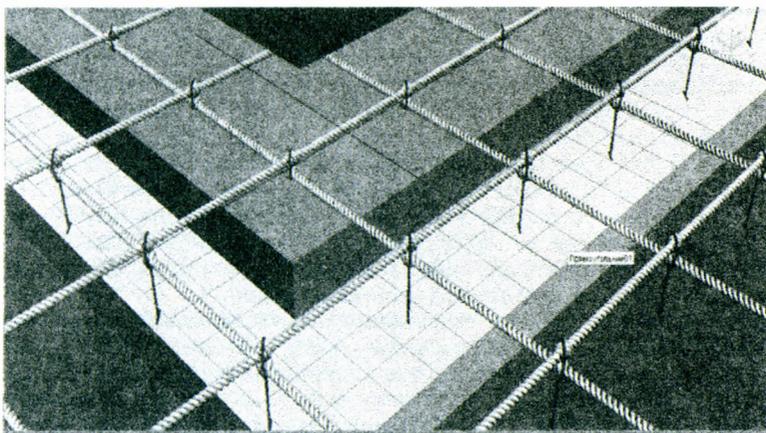


Рисунок 4 – Арматурный каркас

Известен способ изготовления композитной неметаллической арматуры [1], включающий термообработку пучка волокон, формование поперечного профиля и полимеризацию связующего в термокамерах, причем формование изделия производится при протягивании пучка волокон, пропитанных полимерным связующим, через последовательно установленные термокамеры с фильерами постепенно уменьшающегося сечения, и поперечная обмотка осуществляется перед последней термокамерой.

Недостатком данного способа является невозможность изготовления композитной арматуры периодического профиля с высокими анкерующими свойствами.

Известен способ изготовления композитной неметаллической арматуры [2], включающий протягивание сформированного и пропитанного полимерным связующим полотна из нитей ровинга через отжимное устройство, устройство спиральной намотки и полимеризационную камеру.

Недостатком данного способа является невысокая производительность.

Известен также способ изготовления композитной арматуры [3], выбранный в качестве прототипа, включающий пропитку волокон связующим, формование поперечного профиля, полимеризацию связующего за счёт термообработки. Причем

формование и обмотку поперечного профиля производят в четыре этапа. На первом этапе формируют плоское или фигурное полотно путем протягивания пучка волокон через матрицу со щелевым каналом. На втором этапе формируют цилиндрический профиль арматуры путем протягивания пучка волокон через матрицу с цилиндрическим каналом. На третьем этапе формируют профиль арматуры путем спиральной намотки первого обмоточного жгута. На четвертом этапе производят доводку профиля арматуры путем спиральной намотки второго обмоточного жгута.

Недостатком известного способа является ограниченная область применения в связи с изготовлением композитной арматуры только определенного периодического профиля. Кроме того, получаемая по известному способу композитная арматура обладает невысокими анкерующими свойствами, обусловленными недостаточной площадью сцепления арматуры с бетоном, а также особенностью ее профиля, образованного отдельными элементами, снижающими анкерующие свойства арматуры по сравнению с цельнообразованным профилем.

Задачей изобретения является расширение области применения способа изготовления композитной арматуры периодического профиля и повышение ее анкерующих свойств.

Поставленная задача достигается тем, что способ изготовления композитной арматуры периодического профиля включает пропитку волокон связующим, формование поперечного профиля и полимеризацию связующего за счет термообработки. При этом формование профиля производят сматыванием ровингов с бобин, распределением их поровну на два потока, пропитыванием полимерным связующим, подачей ровингов каждого потока в отдельную фильеру с получением двух жгутов, которые подвергают завивке, путем обвода одного из жгутов вокруг другого жгута с образованием петли, последующим ее затягиванием и многократным повторением процесса завивки.

Основным отличительным признаком заявляемого изобретения является иной способ формирования поперечного профиля композитной арматуры, благодаря чему возможно получение композитной арматуры с различной высотой рифа и шагом завивки.

Использование заявляемого изобретения позволит создавать арматуру периодического профиля с различной высотой рифа и шагом завивки, что обеспечит расширение области применения способа и позволит улучшить качество арматуры за счет повышения ее анкерующих свойств. Из всего этого вытекает вывод: стеклопластиковая арматура является достойной альтернативой металлическим изделиям. Такие важные качества, как долговечность, износостойкость являются главными и первостепенными в дорожном покрытии, поэтому целесообразней применять СПА, чем металлическую арматуру в дорожном строительстве.

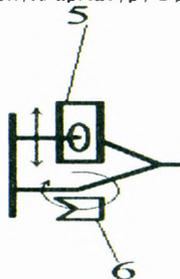


Рисунок 5 – Узел, изобретенный в университете

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мурашко, Г.В. Принципы построения телеметрии потенциально-опасных объектов / Г.В. Мурашко, С.В. Решетник, В.Н. Мурашко, С.А. Юхневич // Цифровая обработка информации и управление в чрезвычайных ситуациях. – 2000. – Ч. 2.
2. Ботвин, К.В. Автоматизированное определение прочностных характеристик материалов / К.В. Ботвин, В.Ф. Шумилова. – 1992 – Т. 64.
3. Шабанов, Д.Н. Деформативные свойства силикатных материалов на основе отходов литейного производства / Д.Н. Шабанов, И.Б. Сороговец, В.И. Москалев, И.А. Котенков.
4. Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона арматуры и железобетонных конструкций / Под редакцией канд. техн. наук В.В. Макаричева, 1962.
5. Федорков, Б.Г. Микросхемы ЦАП и АПЦ: функционирование, параметры, применение / Б.Г. Федорков, В.А. Телец, 1990.

УДК 666.972.16

*Шведов А.П., Лазаренко О.В.*

## ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТА НАТРИЯ НА СОХРАНЯЕМОСТЬ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ДОБАВКОЙ СУЛЬФИРОВАННЫХ ТЯЖЁЛЫХ СМОЛ ПИРОЛИЗА

Сохраняемость удобоукладываемости бетонной смеси – это время, в течение которого смесь в процессе своего выдерживания, после приготовления, теряет удобоукладываемость в пределах величин, указанных в нормативах. Сохраняемость свойств бетонной смеси становится важным показателем в режиме реального времени, когда мы знаем время транспортирования бетона и температурные условия.

Оценка сохраняемости удобоукладываемости бетонной смеси заключается в получении и оценке данных об изменении свойства в течение определенного времени. Условия хранения пробы бетонной смеси от момента ее отбора до момента испытания должны соответствовать температурно-влажностным условиям транспортирования и укладки бетонной смеси. Первое испытание следует выполнять непосредственно после окончания перемешивания смеси, а второе и последующие – через каждые 30 мин до окончания испытания. Для каждого испытания следует использовать отдельную новую пробу бетонной смеси. На основе результатов определения сохраняемости бетонную смесь относят к одному из классов по сохраняемости (табл. 1).

Таблица 1 – Классы бетонных смесей по сохраняемости

Класс смеси		Сохраняемость, мин
Обозначение	Характеристика сохраняемости	
0,4	Низкая	Менее 20
С-2	Средняя	20-60
С-3	Высокая	Более 60

Централизованное заводское изготовление бетонных смесей имеет большие технико-экономические преимущества, поскольку смеси, изготовленные на полностью механизированных и автоматизированных заводах, имеют высокое качество. Типовой цикл приготовления бетонной смеси включает следующие операции (табл. 2).