

можно отнести и то, что он позволяет выполнить обработку измерений в соответствии с законом распределения ошибок. Еще более сложной задачей является объединение методов регуляризации с методами L_p -оценок. Проблема поиска грубых ошибок измерений всегда была актуальной, особенно при переходе к автоматизированным технологиям сбора и обработки геодезической информации. Грубые ошибки можно находить до уравнивания, применяя коррелятный способ, вычисляя свободные члены условных уравнений по поправкам в измерения, полученным после уравнивания геодезической сети параметрическим способом. Параметрический способ уравнивания справедливо признается наиболее удобным для программирования, так как освобождает от необходимости составления условных уравнений, более сложных и разнообразных, чем коррелятные.

Все точки геодезической сети после уравнивания вычисляются в единой системе координат, где взаимное положение является математически согласованным для строительства зданий и сооружений. После того как узнали результаты, происходит оптимальное размещение пунктов и выбирается необходимая методика измерений, что является гарантией правильности строительства здания или сооружения. В процессе всего жизненного цикла объекта геодезисты обеспечивают точность, контроль, мониторинг, влияющий на надежность и безопасность.

Внедрение новых технологий повышает качество измерений, способствует повышению конкурентоспособности предприятия. Комплекс внедрения цифровых подходов, методов и организационных мероприятий способен обеспечить более высокую продуктивность полевых и камеральных работ, снижать затраты на материалы, трудовые ресурсы и обеспечить рост качества. Производство изыскательских работ без цифровизации невозможно в современном мире.

Геодезические работы предусматривают разделение труда при росте длины и гибкости глобальных и отраслевых производственных цепочек, что ведет к снижению издержек и стоимости строительства. В контексте экологии высокотехнологическое оборудование значительно снижает воздействие на окружающую среду и потребление энергетических ресурсов.

Обработка облаков точек достигается за счет оптимизации производственных процессов внедряются современные ТИМ-технологии, в том числе робототехники (роботизированные тахеометры), ГНСС-приемники, инструменты лазерного сканирования, цифровые нивелиры, электронные теодолиты и др. Сбор, хранение и обработка больших массивов данных производится с помощью использования облачных сервисов и облачных вычислений.

Эффективное решение инженерно-геодезических задач является залогом обеспечения надежности и безопасности зданий.

Список литературы

- 1 Инженерная геодезия и фотограмметрия / Е. К. Атрошко, И. П. Дралова, Г. М. Куновская, Н. С. Сырова. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 100 с.
- 2 **Атрошко, Е. К.** Прикладная геодезия и современные инженерно-геодезические технологии / Е. К. Атрошко, И. П. Дралова, Н. С. Сырова. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 98 с.

УДК 624.012.45:624.153.522

АРМИРОВАНИЕ СБОРНЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ СТЕКЛОКОМПОЗИТНЫМИ СТЕРЖНЯМИ

В. В. ТАЛЕЦКИЙ, А. Н. НЕВЕЙКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сборные железобетонные плиты по серии Б1.012.1-2.08 «Плиты железобетонные ленточных фундаментов» [1] предназначены для устройства ленточных фундаментов зданий и сооружений различного назначения в сухих и водонасыщенных грунтах с неагрессивной степенью воздействия на железобетонные конструкции. Плиты выполняются из тяжелого бетона класса С16/20 и С20/25 в зависимости от группы по несущей способности. Рабочая арматура плит из стальных стержней периодического профиля класса S500.

Предлагается заменить стальную рабочую арматуру на стеклокомпозитную арматуру АСК по ГОСТ 31938-2022 [2], обладающую большей прочностью и высокой коррозионной стойкостью. Если характеристическое сопротивление стальной арматуры 500 МПа, а расчетное 435 МПа, то у

стеклокомпозитной арматуры минимальный нормативный предел прочности на растяжение составляет 800 МПа и соответственно расчетное сопротивление 695 МПа. В результате за счет увеличения прочности уменьшится требуемая площадь рабочей арматуры АСК.

Уменьшить площадь рабочей арматуры АСК можно также за счет увеличения эффективной высоты бетонного сечения, то есть уменьшения защитного слоя бетона. В плитах по серии защитный слой бетона 50 мм. Он учитывает сцепление стальной арматуры с бетоном и воздействие окружающей среды на арматуру после образования трещин в бетоне. Фундаменты относятся к классу экспозиции ХС2-ХС4, допускаемая ширина раскрытия трещин 0,3 мм. При установке стеклокомпозитной арматуры ширина раскрытия трещин значительно превысит эту величину, так как модуль упругости стальной арматуры ($E_s = 200$ ГПа) в 4 раза больше модуля упругости стеклопластиковой арматуры ($E_{сп} = 50$ ГПа). С учетом коррозионной стойкости стеклокомпозитной арматуры ширина раскрытия трещин в бетоне не повлияет на долговечность фундаментной плиты. Поэтому защитный слой бетона можно назначить величиной 25 мм только для учета сцепления стеклокомпозитных стержней с бетоном.

В качестве примера замены армирования стальной арматуры класса S500 на стеклокомпозитные стержни рассмотрим фундаментную плиту марки ФЛ16. Ширина плиты 1600 мм, толщина 300 мм. Эффективная высота сечения зависит от диаметра арматуры и группы по несущей способности. Расчеты ведем на условную длину, равную 1,0 м. Вначале определяем несущую способность расчетного сечения плиты по серии, а затем по несущей способности определяем требуемую площадь арматуры из стеклокомпозитных стержней. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Определение требуемой площади стеклокомпозитной арматуры на 1 пог. м фундаментной плиты марки ФЛ16

Группа плиты по несущей способности	Класс бетона	Диаметр рабочей арматуры S500, мм	Площадь арматуры S500 на 1 пог. м, см ²	Несущая способность сечения, кНм/м	Требуемая площадь арматуры АСК 800, см ² /м	Количество стержней АСК 800 и диаметр на 1 пог. м	Площадь арматуры АСК 800, на 1 пог. м длины, см ²
ФЛ16...-1	C16/20	8	4,86	50,4	2,8	6Ø8	3,018
ФЛ16...-2	C16/20	10	7,85	78,2	4,4	6Ø10	4,71
ФЛ16...-3	C16/20	12	11,3	108,5	6,3	6Ø12	6,78
ФЛ16...-4	C20/25	14	15,4	146,1	8,44	6Ø14	9,24

*Площадь соответствует 10 стержням для всех групп плит по несущей способности.

Результаты расчетов показали, что площадь рабочей стеклокомпозитной арматуры АСК 800 на 40 % меньше по сравнению со стальной арматурой класса S500.

Стоимость стеклокомпозитной арматуры на рынке РБ снижается с каждым годом из-за увеличения количества производителей и прихода на рынок КНР. В настоящее время стоимость стеклокомпозитной арматуры приведенных диаметров ниже стоимости стальной арматуры периодического профиля класса S500. Примерные цены, (бел. руб.)/м, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Стоимость арматуры на рынке РБ

Диаметры арматуры, мм	Стальная арматура S500	Стеклокомпозитная арматура АСК800
8	0,9	0,8
10	1,4	1,1
12	2,0	1,3
14	2,3	1,8

Выводы. 1 Замена рабочей стальной арматуры класса S500 на стеклокомпозитную АСК800 при изготовлении сборных бетонных фундаментных плит приведет к снижению их стоимости как за счет меньшей площади поперечного сечения арматуры, так и за счет её меньшей стоимости.

2 Ширина раскрытия трещин в растянутой зоне сечения фундаментных плит при армировании стеклокомпозитными стержнями значительно превышает допустимую нормами для условий эксплуатации ХС2-ХС4, но не повлияет на долговечность плит из-за высокой коррозионной стойкости стеклокомпозитной арматуры.

Список литературы

1 Серия Б1.012.1-2.08. Плиты железобетонные ленточных фундаментов. Выпуск 1. Материалы для проектирования. Выпуск 2. Плиты железобетонные ленточных фундаментов. Рабочие чертежи. Выпуск 3. Арматурные и закладные изделия. Рабочие чертежи.

2 ГОСТ 31938-2022. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 31938-2012. – М. : Российский институт стандартизации, 2022. – 19 с.

УДК 669.97.035

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЕНОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ В ТЕПЛОВЫХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

А. Г. ТАШКИНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Распространенным типом установок для тепловлажности обработки (ТВО) бетонных и железобетонных изделий (ЖБИ) являются пропарочные камеры ямного типа. Они широко применяются в поточно-агрегатной технологии, особенно при выпуске изделий разнообразного ассортимента, поскольку в каждой камере можно осуществить оптимальный для данного вида изделий режим термообработки. В качестве теплоносителя в камерах чаще всего применяется паровоздушная смесь с температурой 80–95 °С. Существующие ямные пропарочные камеры имеют низкий коэффициент полезного использования тепловой энергии (КПИ), представляющий собой отношение полезного используемого тепла к его суммарному расходу. Это обусловливается главным образом большим значением тепловой ёмкости массивных ограждений из бетона (стены и днище) и металла (крышка). В результате периодического характера работы камеры тепло, аккумулированное ограждениями, безвозвратно теряется при перерывах в работе для выгрузки и загрузки изделий.

Стеновые ограждения камер пропаривания подвержены сложным воздействиям, которые вызваны случайными ударами крышек и форм при загрузке и выгрузке изделий, давлением грунта (для заглубленных камер), температурно-влажностными напряжениями и деформациями от неравномерного нагрева и увлажнения стенки по её толщине.

Исходя из этого, ограждающие конструкции ямных камер пропаривания должны отвечать ряду требований: обладать достаточной прочностью, долговечностью при циклическом нагреве и увлажнении, сохраняя при этом высокие теплоизоляционные показатели. Указанными качествами обладают построенные по проекту БелГУТа на заводе КПД Гомельского ДСК малоинерционные пропарочные камеры из сборных многослойных теплоизолированных панелей [1]. Конструкция панелей включает следующие слои: внутренний (со стороны рабочего объёма камеры) защитный слой – из армированного тяжелого бетона класса В20 толщиной 50 мм, пароизоляция из термостойких плёнок, теплоизоляция толщиной 100–150 мм и наружный слой (несущий вес крышки и самой панели) из армированного керамзитобетона класса В10 толщиной 100 мм.

Испытания камер показали, что традиционные теплоизоляционные материалы: минеральная вата, блочное пеностекло (средней плотности 100–200 кг/м³) требуют надёжной пароизоляции от увлажнения паровоздушной средой камеры. Плёночные материалы, располагаемые внахлест, показали низкую эффективность: влажность минераловатных плит уже через 2 месяца эксплуатации достигла 40 % массы. Склеивание (сваривание) кромок пароизоляции в сплошной ковер снижает влажность утеплителя до 4–6 %. Дополнительный эффект по высушиванию утеплителя в панели до влажности 3–4 % и поддержанию его влажности на низком уровне в течении длительного времени (срок наблюдения 2 года) достигается устройством вентиляционных каналов. Вентканалы изготавливались из разрезанных на отдельные волны фрагментов волнистых асбестоцементных листов (высота волны 40–54 мм), которые укладывались с шагом 0,5–1 м по утеплителю при формировании панелей. Оголовки вентканалов выполнялись из металлических труб диаметром 100 мм.

Расход теплоносителя (пара) в камерах определялся при режимах тепловлажностной обработки бетонных и керамзитобетонных изделий с одним оборотом форм в сутки (предварительное выдерживание в камере после бетонирования при закрытой крышке – 2 ч, подъем температуры до 85 °С – 3 ч, период изотермической выдержки – 5 ч, остывание при закрытой крышке – 8 ч, остывание при