

Комплексы ДМП-ЛШСИ будут создаваться при существующих котельных и ТЭС, работающих на природном газе. То есть у последних появится реальная альтернатива топливообеспечения.

При этом новый вид топлива не будет иметь недостатков, свойственных каменному углю, а предприятия, его использующие, будут иметь конкурентные преимущества перед ТЭС и котельными, работающими на природном газе:

- вместо двух видов продукции (тепло, электроэнергия) будет производиться четыре (тепло, электроэнергия, обезвреживание отходов, производство строительных изделий);

- в часы минимальной нагрузки (ночь) большую часть производимой энергии можно направить на внутренне потребление, то есть комплекс ДМП-ЛШСИ может работать на сырье худшего качества (строительный и промышленный мусор с большей зольностью).

Комплекс ДМП-ЛШСИ всеяден. В частности, в качестве исходного сырья помимо ТБО он может использовать растительную биомассу (РБ), создаваемую растениями в процессе фотосинтеза. В РФ имеются следующие источники РБ:

- леса и торфяные болота (занимают в РФ 700 млн га) – 7 млрд т ежегодно;

- сельскохозяйственные растения (занимают в РФ 100 млн га) – 2 млрд т ежегодно;

- отходы промышленности (все города РФ и поселки городского типа) – 7 млрд т ежегодно. (Ср.: твердые бытовые отходы всех городов РФ – 36 млн т ежегодно.)

Затраты по заготовке (добыче и транспортировке) этого вида топлива могут быть отнесены на другие виды деятельности:

- лесная РБ – побочный продукт при заготовке деловой древесины;

- РБ из продукции сельского хозяйства – побочный продукт процесса заготовки и переработки сельскохозяйственного сырья;

- РБ из отходов промышленности – побочный продукт процесса удаления, обезвреживания, захоронения и утилизации отходов.

Широкое внедрение комплексов ДМП-ЛШСИ может происходить двумя путями:

- обязательное оборудование электростанций и котельных этими комплексами как условие их приватизации (принцип обремененной собственности);

- создание комплексов «Газотурбинная установка – ДМП – ЛШСИ».

Второй вариант интересен тем, что:

- выхлопные газы газотурбинной установки, работающей на природном газе, могут использоваться в ДМП и СВП вместо воздуха (температура 450 °С и 18 % кислорода);

- ТГ ДМП используются в качестве топлива в СВП.

Список литературы

1. Шахмедов Р. И. Алгоритм очищения // Техника – молодежи. 2003. № 7. С. 21–22.
2. Получение синтез-газа. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/5832448/page/2/>
3. Шахмедов Р. И., Токунов С. В. Создание конкурентной среды на внутреннем рынке ПГ РФ без разделения ОАО «Газпром» // Разведка и освоение НГКМ. Научные труды АНИПИгаза. 2004. № 6. С. 260–263.
4. Ситаллы и шлакоситаллы. Литые каменные изделия. URL: <http://tehlib.com/stroitel-ny-e-materialy/sitally-i-shlakositally-litye-e-kamenny>
5. Шлакоситалл. Научно-техническая технология производства строительных материалов нового поколения на основе использования шлаков-отходов доменного и металлургического производств. URL: <http://ukrglass.ru/page1/shlakositall>

© Р. И. Шахмедов

Ссылка для цитирования:

Шахмедов Р. И. Прием «наоборот», или Использование твердых бытовых отходов в качестве сырья для производства строительных материалов методом доменного пиролиза // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2017. № 3 (21). С. 25–30.

УДК 621.873.2

ПРОЧНОСТЬ БАШЕННОГО КРАНА КБМ-401П ПРИ ВЕТРОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИИ

А. В. Синельщиков, А. И. Джалмухамбетов

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

Башенные краны широко используются при строительстве, но при этом наиболее часто подвергаются авариям. Одной из внешних опасностей, действующих на башенный кран, является ветровое воздействие. В статье проведен расчет на прочность башенного крана КБМ-401П при его эксплуатации в III ветровом районе, при скорости ветра рабочего состояния, превышающей паспортное значение. В качестве метода аппроксимации несущих конструкций башенного крана использовался метод конечных элементов. Приведены параметры напряженного деформированного состояния крана. По результатам расчета на прочность башенный кран КБМ-401П удовлетворяет критерию прочности.

Ключевые слова: башенный кран КБМ-401П, прочность, метод конечных элементов, расчетная модель.

THE STRENGTH OF THE TOWER CRANE KBM-401P UNDER WIND INFLUENCE**A. V. Sinelshikov, A. I. Dzhalmbukhambetov***Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering*

Tower cranes are widely used in construction, and are most often prone to accidents. Wind impact is one of the dangerous external factors affecting a tower crane. This article shows the calculation of the strength of a tower crane KBM-401P when it is operated in the wind area III, at the operating state wind speed above specified license value. The finite elements method was used as an approximation method of load-bearing structures of a crane. There were also given the parameters of the stress strain state of a crane. The calculation results of a tower crane KBM-401P strength satisfy the strength criterion.

Keywords: tower crane KBM-401P, strength, finite element method, computational model.

В России при строительстве более 98 % всех подъемно-транспортных работ осуществляется с использованием башенных кранов [1]. Вместе с тем прочность башенных кранов при внешних воздействиях все еще остается предметом исследований. При их проектировании учитывается множество факторов. Ветер рабочего состояния является определяющим для зоны эксплуатации башенного крана. Зачастую строительная организация, производя работы в различных климатических зонах, ограничена в выборе башенных кранов, пригодных для эксплуатации в конкретной зоне. Современные методы расчетного анализа прочности несущих конструкций инженерных сооружений позволяют построить более точные модели башенных кранов и провести уточненный анализ прочности башенного крана при ветровом воздействии.

В настоящей работе авторами проведен расчет на прочность башенного крана KBM-401П при его эксплуатации в III ветровом районе при скорости ветра рабочего состояния 27 м/с, что соответствует III ветровому району Астраханской области. В соответствии с паспортом башенного крана KBM-401П его эксплуатация допускается при скорости ветра до 21 м/с, что соответствует I ветровому району (табл. 1). В качестве метода аппроксимации использован метод конечных элементов [2], расчетная модель башенного крана KBM-401П построена на основе фактического замера несущих металлоконструкций крана, установленного в черте города Астрахани (рис. 1).

Передвижной (на рельсовом ходу) полноповоротный (с поворотной башней) башенный кран KBM-401П предназначен для механизации строительно-монтажных работ при возведении жилых и промышленных зданий. Предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от -40 до +40 °С.

Расчетно-динамическая модель башенного крана KBM-401П (рис. 2) состоит из 2526 конечных элементов (1383 стержня, 775 пластин, 30 конечных элементов (КЭ) типа канат, 320 жестких связей, 18 объемных конечных элементов) и 1670 узлов ($n = 10\ 020$). Нагрузки от собственного веса конечных элементов металлоконструк-

ции крана задавались в соответствии с плотностью стали $\rho_{ст} = 7850 \text{ кг/м}^3$, для стержневых конечных элементов и канатов – с площадью поперечного сечения, длиной, для пластин – с площадью и их толщиной. Линейная распределенная весовая нагрузка определялась для каждого конечного элемента. Также учтены сосредоточенные нагрузки от масс механизмов крана.



Рис. 1. Общий вид башенного крана KBM-401П

Полезная нагрузка рабочего состояния для башенного крана KBM-401П грузоподъемностью $Q = 8 \text{ т}$ задавалась для II расчетного сочетания нагрузок, соответствующего максимальной грузоподъемности крана $Q_{ном} = 8 \text{ т}$ на вылете $L_{max} = 15 \text{ м}$ (см. рис. 2б).

Ветровая нагрузка нерабочего состояния принималась соответствующей III ветровому району по ГОСТ 1451-77 и СП 20.13330.2011 (г. Астрахань), скорость ветра рабочего состояния $v = 27 \text{ м/с}$, динамическое давление $q = 450 \text{ Па}$ [3] (рис. 3).

Таблица 1
Основные характеристики крана КБМ-401П

| | |
|--|--|
| Изготовитель | ПО «Ржевбашкран» |
| Год изготовления | 1994 |
| Допустимая скорость ветра, м/с: • -для рабочего состояния (с учетом порывов ветра) • -для нерабочего состояния | 21 I-V ветровой район по ГОСТ 1451-77 |
| Допустимый уклон кранового пути | 0,01 |
| Максимальная грузоподъемность, т | 8,0 |
| Максимальный грузовой момент, т·м (кН·м) | 160 (1570) |
| Глубина опускания, м | 5 |
| Вылет, м: • максимальный • минимальный | 30 5,6 |
| База, м | 6 |
| Колея, м | 6 |
| Задний габарит, м | 3,8 |
| Наименьший радиус закругления внутреннего рельса, м | 7 |

| | |
|---|------------------------------|
| Скорость подъема (опускания) груза, м/мин | 36(55) |
| Скорость плавной посадки груза максимальной массы, не более, м/мин | 5 |
| Скорость передвижения крана, м/мин | 18 |
| Скорость передвижения грузовой тележки (с грузом), м/мин | 7 (30) |
| Частота вращения, об/мин | 0,65 |
| Угол поворота, град | 1080 |
| Группа режима работы механизмов | 3М |
| Группа режима работы крана по ГОСТ 25546-82 | 4К |
| Расчетная нагрузка ходового колеса на рельс, кН | 270 |
| Масса, т: • крана конструктивная • крана общая • противовеса | 49,7 79,7 50 |
| Момент, кН·м: • удерживающий грузовой M_u • удерживающий собственный M_u • опрокидывающий грузовой M_o • опрокидывающий собственный M_o | 2034 1856 1863 1536 |

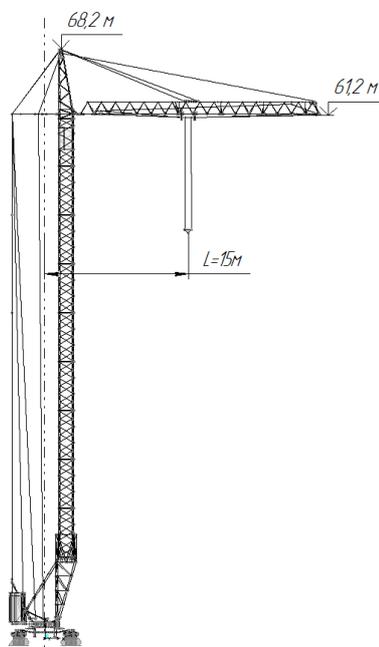


Рис. 2. Конечно-элементная РДМ башенного крана КБМ-401П с длиной стрелы $L_{ст} = 30$ м на вылете грузовой каретки $L_B = 15$ м

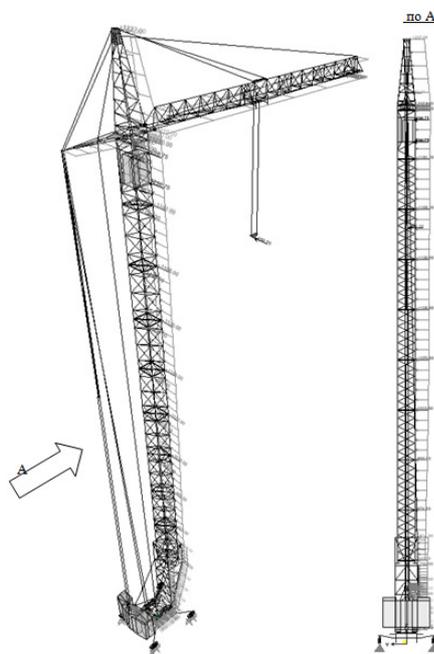


Рис. 3. Схема приложения ветровой нагрузки на башенный кран КБМ-401П

Согласно ГОСТ 13994-81, вычисленный период собственных колебаний башенного крана КБМ-401П равен $T = 2,6$ с. Поэтому $\xi(T) = 2,5$. Ветровая нагрузка на кабину крановщика задана в виде сосредоточенной нагрузки $F_в = 1194,5$ Н для III ветрового района по ГОСТ 1451-77 [4]. Расчетные значения суммарной статической и динамической составляющей ветровой нагрузки рабочего состояния, соответствующей III ветровому району по ГОСТ 1451-77, на высоте оголовка башни $H = 68$ м составляют $P = 1237,8$ Н/м [5].

Для расчетно-статической модели КБМ-401П и сочетания эксплуатационных нагрузок и вет-

рового воздействия, соответствующего III ветровому району по ГОСТ 1451-77, проведен статический расчет. Напряженно-деформированное состояние башенного крана КБМ-401П приведено на рис. 4.

Вычислены эквивалентные напряжения $\sigma_{экв}$ по III теории прочности, которые сравнивались с пределом текучести для стали 09Г2С ГОСТ 19282-73 $\sigma_v = 320$ МПа (листовой металл) и В20 ТУ 14-3-816-79 $\sigma_v = 290$ МПа (трубы) [6]. Допускаемый коэффициент запаса прочности принимался равным:

$$[n_{II}] = \frac{\sigma_v}{\sigma_{экв}} = 1.3$$

По результатам расчета эквивалентных напряжений для расчетного сочетания эксплуатационной и ветровой нагрузки рабочего состояния (27 м/с) башенного крана КБМ-401П

$Q_{ном} = 8$ т, вылет $L = 15$ м наибольшие напряжения возникают в КЭ 7058, $\sigma_{экв} = 219,4$ МПа, $n_o = 1,32$. $n_o = 1,32 > [n] = 1,3$.

Результаты расчетов приведены на рис. 5–8.

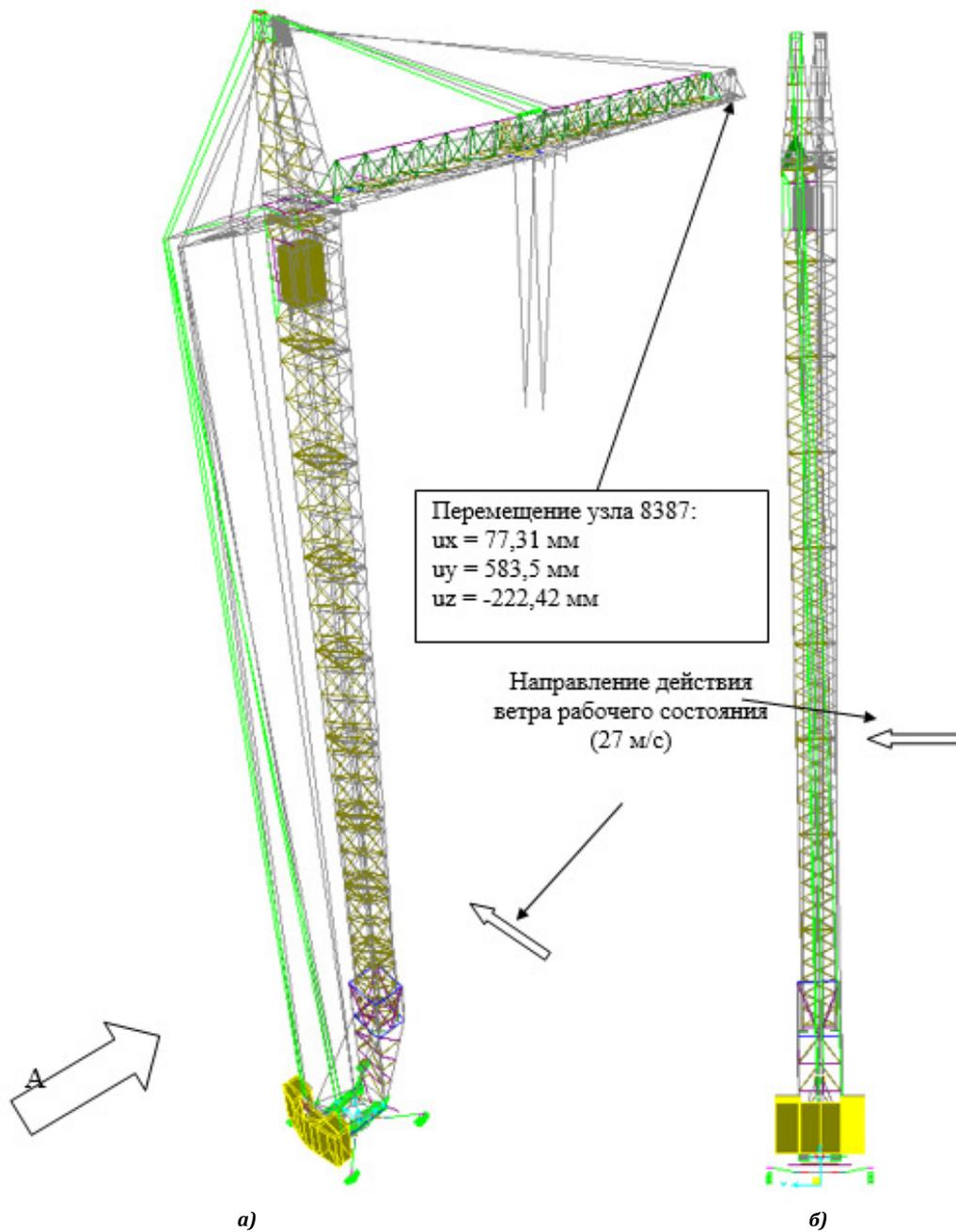


Рис. 4. Деформированное состояние башенного крана КБМ-401П при действии эксплуатационных нагрузок ($Q_{ном} = 8$ т, вылет $L_{max} = 15$ м) (масштаб перемещений увеличен в 3 раза): а) недеформированное состояние крана; б) деформированное состояние крана

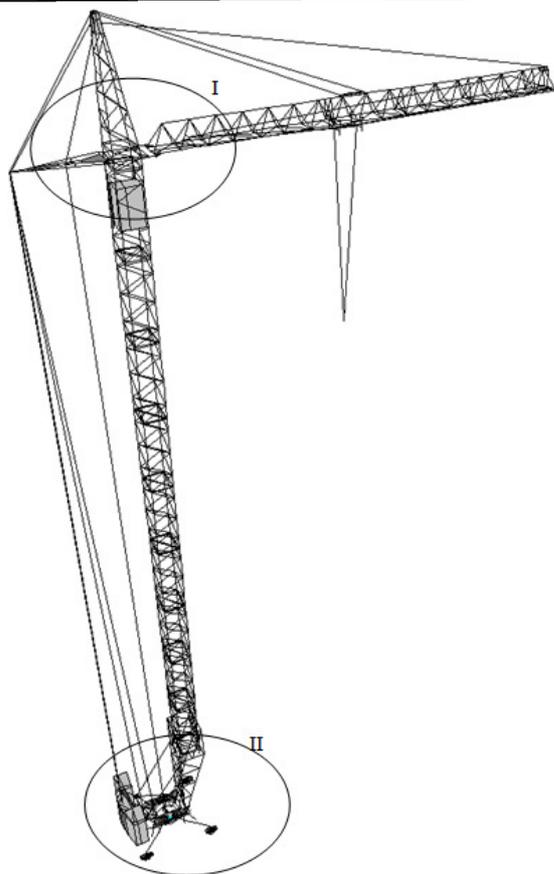


Рис. 5. Расположение наиболее нагруженных элементов металлоконструкции башенного крана КБМ-401П при действии сочетания эксплуатационной и ветровой нагрузки рабочего состояния

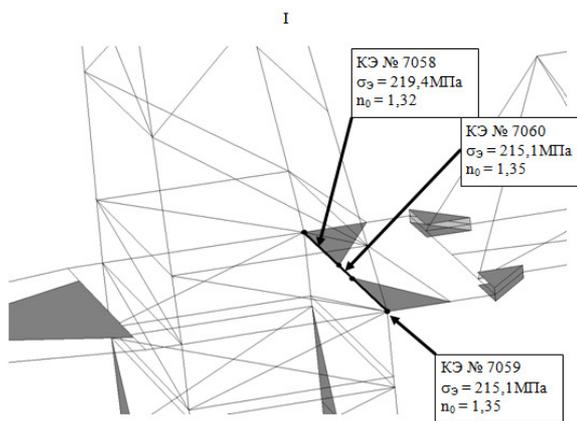


Рис. 6. Стержневая модель

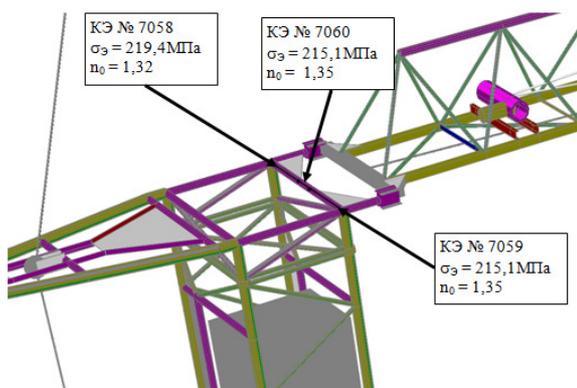


Рис. 7. Конструктивная модель (оголовок башни условно не показан)

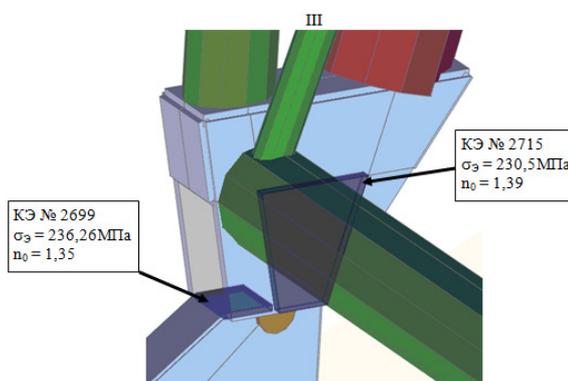
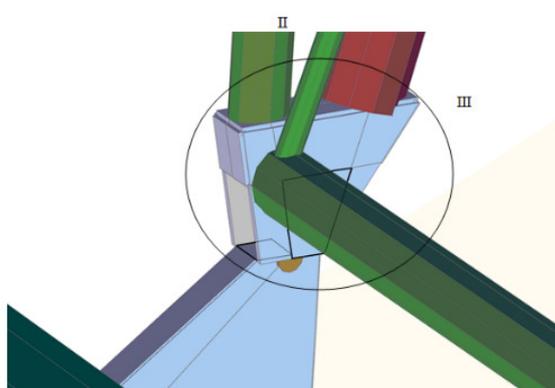


Рис. 8. Шарнир стрелы

Выводы:

1. Учитывая, что действительные коэффициенты запаса прочности по напряжениям, возникающим в элементах металлоконструкций башенного крана КБМ-401П, зав. № 1205, рег. № 39293, полученные при действии эксплуатационной и ветровой нагрузки рабочего состояния 27 м/с, соответствующей III ветровому району (по ГОСТ 1451-77), с высотой подъема $H = 57,8$ м (горизонтальная стрела) и длиной

стрелы $L_{\text{стр}} = 30$ м близки к предельному состоянию ($n_0 = 1,32 > [n] = 1,3$), необходимо осуществлять эксплуатацию:

- 1) с ограничением грузоподъемности крана до $Q_{\text{ном}} = 5$ т;
- 2) с использованием специальных против опрокидывающих устройств, не препятствующих движению крана и установленных на каждую ходовую тележку;
- 3) без совмещения рабочих операций крана.

Список литературы

1. СП 20.13330.2016. СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия : приказ Минстроя России от 03.12.2016 г. № 891/пр.
2. Синельщиков А. В., Джалмухамбетов А. И. Прочность и устойчивость портално-башенного крана К-58 // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2015. № 4 (14). С. 36–41.
3. Аналитическое информационное издание по рынку грузоподъемного оборудования Кранинфо. URL: <http://crane.ucoz.ru/publ/16-1-0-5> (дата обращения: 01.02.2017).
4. ГОСТ 13994-81. Краны башенные строительные. Нормы расчета.
5. ГОСТ 1451-77. Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и методы определения.
6. ГОСТ 19282-73. Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная. Технические условия.

© А. В. Синельщиков, А. И. Джалмухамбетов

Ссылка для цитирования:

Синельщиков А. В., Джалмухамбетов А. И. Прочность башенного крана КБМ-401П при ветровом воздействии // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2017. № 3 (21). С. 30–35.

УДК 625.855(597)

**ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА
ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЯ СЕЛЬСКИХ ДОРОГ**

Нгуен Ван Лонг, Нгуен Дык Ши***

**Хошиминский университет транспорта (г. Хошимин, Вьетнам)*

***Данангский политехнический институт (г. Дананг, Вьетнам)*

В статье обоснована необходимость применения стальных фибр, нарезанных от автомобильных изношенных шин, для армирования цементобетонного покрытия сельских дорог. Приведены результаты лабораторных испытаний сталефибробетона на сжатие и растяжение, которые показывают, что прочностные характеристики сталефибробетона значительно больше, чем у обычного цементобетона. Таким образом, применение сталефибробетона улучшает работоспособность и продлевает межремонтный срок службы покрытия сельских дорог.

Ключевые слова: цементобетонное покрытие, стальная фибра, сталефибробетон, прочность на растяжение, прочность на сжатие.

**EVALUATION OF STEEL FIBERS REINFORCED CONCRETE IN CEMENT CONCRETE PAVEMENT
FOR RURAL ROADS**

Nguyen Van Long, Nguyen Duc Sy***

**Ho Chi Minh City University of Transport (Ho Chi Minh city, Viet Nam)*

***Danang University Science and Technology (Danang city, Viet Nam)*

The paper will prove the necessity of steel fiber reinforcement from waste tires in cement concrete pavement for rural roads. The laboratory evaluation of various mechanical properties including compressive and flexural strengths of steel fiber reinforced concrete is also presented. The results show that the mechanical properties of the presented concrete are better than those of general concrete. Therefore, the use of steel fibers to reinforce concrete can improve the strength capacity and durability of cement concrete pavement for rural roads.

Keywords: cement concrete pavement, steel fiber, steel fibers reinforced concrete, tensile strength, compressive strength.

В настоящее время экономика Вьетнама быстро развивается, в регионе активизируются инновационные процессы. Однако формирование дорожно-транспортной инфраструктуры происходит с отставанием от общего темпа развития. Поэтому среди наиболее важных в стратегическом отношении задач, стоящих перед Вьетнамом, особо следует выделить развитие дорожно-транспортной инфраструктуры. Потребность в дорогах с твердым покрытием для обеспечения обороноспособности страны, повышения жизненного уровня населения является крайне серьезной. В процессе решения этой задачи за последние пять лет во Вьетнаме было построено значительное количество линейных транспортных сооружений: автомагистраль-2, автомагистраль-3, автомагистраль-6, автомагистраль-27, дороги Хошимина и др. [1].

Кроме того, большую часть территории Вьетнама занимает сельская местность, где проживают 65,4 % жителей страны. Поэтому задача развития местной дорожно-транспортной инфраструктуры в настоящее время является актуальной. С целью ее решения в последние годы во Вьетнаме проводили процесс бетонирования сельских дорог.

Широкое применение в дорожном строительстве получил цементобетон благодаря своим преимуществам по сравнению с другими видами покрытий [2–4]:

- высокая прочность, что позволяет пропускать автомобили в любое время года. Прочность цементобетона в 2–3,5 выше, чем асфальтобетона, а при применении высокопрочного бетона эта разница возрастет в 7 раз;
- срок службы достигает 30–40 лет, в 2–2,5 раза больше, чем у асфальтобетонного покрытия;