

города среди сложившейся застройки. Пространство под трибунами используется рационально и наиболее эффективно для размещения административных, оздоровительных и торговых помещений. Спортивный объект расположен в стеснённом городском окружении, при этом воспринимается легко и естественно.

Открытая городская площадка спортивного Биатлонного комплекса «Сож» [3] имеет современную инфраструктуру, расположена на открытом рельефе гребного канала вдоль жилой улицы. Объект включает лыжероллерную трассу и две горки высотой около 5 метров, полуоткрытый биатлонный тир на 24 мишеней и металлические сборно-разборные трибуны на 500 зрительских мест. Гребной канал обеспечен необходимым количеством воды как для соревнований, так и для изготовления искусственного снега.

Развивая связь спортивных объектов, вписавшихся в рельеф и взаимодействующих с водой, выделим гребную базу «Водник», расположенную в центре города на набережной реки Сож [4]. Сооружение вполне лаконично вписывается в окружающий ландшафт. Объект обеспечивает учебно-тренировочную работу спортсменов-учащихся, осуществляет их подготовку к соревнованиям. На первом этаже базы расположены три эллинга для хранения лодок, гребной бассейн для академической гребли, тренажерный зал для гребли на байдарках и каноэ, мастерская для ремонта лодок, медпункт, помещение для буфета. На втором и третьем этажах находятся игровой, гимнастический и тренажерные залы, сауна, раздевалки и служебные помещения.

Несмотря на довольно обширный выбор, спортивные объекты города нуждаются в пересмотре функционального наполнения. Необходимо создать сооружения для занятий новыми популярными видами спорта, например, экстремальными: велоспорт BMX, роллерспорт, скалолазание, скейтбординг. В городе физкультурно-спортивные сооружения для экстремальных видов спорта в зависимости от типа сооружения и градостроительной ситуации могут появиться на обособленных участках общественных зон; в составе многофункциональных и специализированных центров; в составе рекреационных территорий системы общегородского центра.

Современные тенденции в развитии общества и спорта предопределяют стремление к сближению уровня объектов для профессионального и любительского спорта, а зачастую и объединения их в комплексы. Наиболее вероятное осуществление новой перспективы – это создание многофункциональных комплексов спорта, где и профессиональная, и любительская составляющие будут раскрыты в полном объеме. Такие комплексы могут наряду с объектами для разных видов соревнований включать залы для спортсменов-любителей и площадки для жителей города, желающих провести свой отдых активно, сеть ресторанов быстрого питания, различные спортивные и сувенирные магазины, гостиничный комплекс, позволяющий принять как спортсменов-профессионалов, так и гостей города.

#### Список литературы

- 1 Ледовый дворец спорта [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : <http://icearena.by/about/istoriya>. – Дата доступа : 02.09.2020.
- 2 Спортивные объекты [Электронный ресурс] : офиц. сайт. Гомельского городского исполнительного комитета. – Режим доступа : <http://gomel.gov.by/ru/content/social-sphere/sport/sportivnye-obekty/>. – Дата доступа : 17.09.2020.
- 3 В Гомеле открыли новую лыжероллерную трассу и дали старт биатлонному сезону // СБ, Беларусь сегодня. – 2019. – 10 августа.
- 4 Учреждение «Гомельский областной центр олимпийского резерва по гребным видам спорта и биатлону» [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : <http://gomel-rowing.by/>. – Дата доступа : 30.07.2020.

УДК 69.059

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЙМ, УСИЛИВАЮЩИХ КОЛОННЫ, ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ АРМИРОВАНИЯ

*С. В. ДАНИЛОВ*

*Белорусско-Российский университет, г. Могилев*

Безаварийная эксплуатация зданий и сооружений обеспечивается восстановлением эксплуатационных качеств отдельных конструктивных элементов, особенно элементов первой степени ответственности, локальный отказ которых может привести к полному или ограниченному отказу системы

элементов [1]. К таким конструктивным элементам относятся и железобетонные колонны, так как они воспринимают и передают на фундаменты постоянные и временные нагрузки, обеспечивают жесткость и устойчивость каркасов гражданских и промышленных зданий.

Для восстановления и усиления железобетонных колонн существует большой арсенал технических решений и способов, среди которых наибольшее распространение получили следующие [2, 3]: *ремонт* и восстановление с помощью сухих ремонтных составов; устройство железобетонных обойм и рубашек; одностороннее и двухстороннее наращивания сечения колонны; усиление стальными обоймами без обетонирования и с обетонированием стальных обойм; усиление с применением композитных материалов (углеродных лент и сеток).

Анализ существующих способов восстановления и усиления железобетонных колонн, а также реализованных в строительной практике технических решений показывает, что одним из наиболее эффективных и простых способов является усиление колонн железобетонной обоймой. Применяют несколько типов железобетонных обойм, которые отличаются между собой конструктивными особенностями, производством работ и эффективностью усиления. Железобетонные обоймы устраивают на всю высоту усиливаемой колонны или на её поврежденный участок, при этом обойма должна выходить за пределы повреждений не менее пяти толщин обоймы, не менее ширины большей грани колонны и не менее 400 мм [3].

Железобетонные обоймы имеют толщину 6–12 см. Сечение и количество продольной арматуры определяют расчетом при условии обеспечения совместной работы обоймы с колонной. Диаметр арматуры принимают не менее 16 мм для стержней, работающих на сжатие, и 12 мм для стержней, работающих на растяжение. Поперечную арматуру диаметром не менее 6 мм для вязаных каркасов и 8 мм для сварных устанавливают с шагом 15 диаметров продольной арматуры и не более трехкратной толщины обоймы, но не более 200 мм. В местах возможной концентрации напряжений шаг хомутов уменьшают вдвое [2].

Армирование железобетонной обоймы усиления колонны может быть выполнено как пространственными арматурными каркасами, так и с поперечной арматурой в виде спиральной обмотки из проволочной арматуры. При конструировании таких обойм соблюдают следующие условия [2]: спирали в плане должны быть круглыми; расстояние между нитками спирали в осях должно быть не менее 40 мм, не более 1/5 диаметра сечения ядра обоймы, охваченного спиралью, и не более 100 мм; спирали должны охватывать всю рабочую арматуру. Углы усиливаемой колонны скалывают от бетона до арматуры, спираль навивают по этим стержням с креплением к дополнительным вертикальным стержням, устанавливаемым около каждой грани колонны. Толщина обоймы определяется диаметром ядра внутри спирали, но принимается не менее 70 мм.

В связи с этим встает вопрос: какое армирование железобетонной обоймы обеспечивает наибольшую надежность и эффективность конструкции усиления железобетонной колонны.

Для решения поставленной задачи были изготовлены 5 опытных моделей железобетонных колонн высотой 600 мм и диаметром 132 мм, армированных пространственными каркасами, и столько же аналогичных моделей железобетонных колонн со спиральным армированием. В качестве арматуры в обоих случаях использовалась арматура класса S500 диаметром 3 мм.

Пространственные каркасы состояли из продольной арматуры и поперечных хомутов, установленных с шагом 60 мм. При спиральном армировании спираль охватывала всю рабочую продольную арматуру, и расстояние между витками спирали составляло 40 мм.

Также были изготовлены 5 опытных контрольных образцов колонн без армирования с геометрическими размерами, аналогичными образцам с армированием.

Опытные и контрольные колонны изготавливались из тяжелого бетона, прочностные и деформационные характеристики которого определялись при испытании специальных образцов (кубов, призм) и составляли:  $f_{cm} = 10,5 \dots 12,62$  МПа;  $E_{cm} = (28,2 \dots 29,5) \cdot 10^3$  МПа.

Для приготовления бетона применялся портландцемент марки 400 (активность 468) ОАО «Кричевцементношифер», расход вяжущего составлял 290 кг/м<sup>3</sup>. В качестве крупного заполнителя использовался гранитный щебень фракции 5–20 мм. В качестве мелкого заполнителя – кварцевый песок с объемным весом 1520 кг/м<sup>3</sup> и модулем крупности 1,61. Бетонная смесь для бетонирования опытных колонн готовилась с осадкой конуса 4–6 см и водоцементным отношением В/Ц = 0,65. Уплотнение бетонной смеси производилось на виброплощадке (инв. № 137010).

Испытание опытных образцов производилось по стандартной методике [4] в возрасте 28 суток. Для нагружения образцов использовался гидравлический пресс МС-500. Нагружения образцов про-

изводились ступенчато, по 10 % от ожидаемой разрушающей нагрузки, непрерывно, без толчков, со скоростью нагружения 0,2–0,3 МПа/с. На каждой ступени нагрузки делались пятиминутные выдержки, во время которых производились снятия показаний по приборам: сразу же после приложения нагрузки и после пятиминутной выдержки.

Напряженно-деформированное состояние бетона опытных образцов исследовалось с помощью механических индикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм. Деформации бетона опытных образцов измерялись на боковых гранях основного сечения. На каждом образце были установлены по три индикатора, располагаемые по высоте. Отсчеты по индикаторам снимались вплоть до разрушения образцов.

В результате экспериментального исследования установлено, что при нагружении опытных моделей колонн с пространственными каркасами разрушающая нагрузка составила 143,3 кН, со спиральным армированием – 155,6 кН, а контрольных не армированных образцов – 132,6 кН.

Деформации бетона контрольных не армированных образцов особо интенсивно протекали в верхней части и постепенно затухали к опоре, что приводило к разрушению оголовка модели колонны. Развитие деформаций армированных образцов имело равномерный характер по всей высоте сечения, и разрушение элемента происходило в средней части модели колонны.

Проведенные испытания показали, что армирование пространственными и спиральными каркасами не значительно увеличивает несущую способность железобетонной обоймы усиления колонны, но позволяет более равномерно распределить напряжения и деформации по всей высоте сечения обоймы усиления.

#### Список литературы

- 1 Техническое состояние и техническое обслуживание зданий и сооружений. Основные требования : ТКП 45-1.04-305-2016\*. – Введ. 30.12.16. – Минск : Стройтехнорм, 2018. – 107 с.
- 2 Реконструкция зданий и сооружений : учеб. пособие для вузов / А. Л. Шагин [и др.] ; под общ. ред. А. Л. Шагина. – М. : Высш. шк., 1991. – 352 с.
- 3 Лазовский, Д. Н. Проектирование реконструкции зданий и сооружений : учеб.-метод. комплекс : в 3 ч. Ч. 2 : Оценка состояния и усиление строительных конструкций / Д. Н. Лазовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новополоцк : ПГУ, 2008. – 340 с.
- 4 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости : ГОСТ 8829–94. – Введ. 11.07.97. – Минск : Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве РФ, 1997. – 26 с.

УДК 622.25:004.925.84

## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТЕВЛОВ ШАХТ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Д. А. ДИУЛИН*

*ОАО «Трест Шахтспецстрой», Солигорск-4, Республика Беларусь*

*М. Г. КУЗНЕЦОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Прочность и устойчивость ствлов шахт играют важную роль в безопасности их эксплуатации. С увеличением глубины выработки скорость деформации сооружений и механизм их возможных разрушений не всегда предсказуемы. Давление горных пород, негативное влияние воздушной среды и подземных вод, коррозии бетона и металла снижают эксплуатационные свойства и надежность крепи вертикальных ствлов. Для анализа прочности и прогнозирования безопасного срока эксплуатации таких сооружений может быть применено компьютерное моделирование.

Цель представленной работы заключается в исследовании особенностей компьютерного моделирования вертикальных ствлов шахт с учетом негативного влияния окружающей среды в течение длительного периода эксплуатации.

Основа для моделирования вертикальных ствлов шахт – геологическая модель и геологическая база данных, на основе которой определяются типы горных пород, структурные неоднородности и