

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТАЛЬНОГО СФЕРИЧЕСКОГО УДАРНИКА НА СЛОИСТЫЕ БЕТОННЫЕ ПРЕГРАДЫ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ УДАРЕ

А.С. Пляскин¹, А.И. Бабарыкина¹

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В исследовании представлены результаты экспериментов с различными конфигурациями слоистых бетонных преград при высокоскоростном ударе. Показано, что применение систем внешнего армирования на основе углекомполитов подтверждает их эффективность при ударных нагрузках. Это может открыть новые возможности для использования этих систем в проектировании и усилении защитных сооружений гражданской обороны от обычных средств поражения.

Ключевые слова: комполит, высокоскоростной удар, сферический ударник, бетонная мишень

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FEMN-2022-0004)

Цель проведения экспериментальных исследований состояла в выявлении физических особенностей деформации и разрушения слоистых бетонных преград при высокоскоростном ударном нагружении. [1-3] Результаты зарубежных исследователей подчеркивают важность изучения высокоскоростного взаимодействия, формирования основ для надежных инженерных решений и глубокого понимания физических механизмов при высоких скоростях. Это в свою очередь способствует улучшению методов анализа и прогнозирования динамического поведения материалов. [4-5]

Внешнее армирование образцов выполнялось стекло- и углеродной тканью на эпоксидном связующем. Внешнее армирование выполнялось углеродной двунаправленной тканью саржевого плетения CarbonWrap Fabric 600/1000 и стеклотканью полотняного плетения ЭЗ/1-1200.

По результатам проведенных исследований использование двунаправленной углеродной ткани обеспечивает наибольшее уменьшение начальной скорости ударника, в результате чего скорость снижается до 715 и 827 м/с при применении однослойной и двухслойной стеклотканной армирования соответственно. Из-за более низкой прочности стекловолокна по сравнению с углеродом, оно не обеспечивает такого же уровня снижения скорости, даже при увеличении толщины.

Независимо от армирования стеклотканью, механизм разрушения характеризуется сквозным пробитием с последующим разрывом ткани по направлениям утка и основы.

Для разработки и верификации математической модели поведения слоистых бетонных преград на втором этапе экспериментальных исследований скорость ударного взаимодействия принимается в диапазоне 530 – 617 м/с. Полученные данные в виде диаметра кратера и глубины проникания ударника позволяют скорректировать константы математической модели и повысить сходимость расчета и эксперимента.

Сравнение результатов испытаний слоистых преград при ударном нагружении стальным ударником показало, что применение системы внешнего армирования на основе углекомполита наиболее эффективно при проектировании усиления конструкций защитных сооружений при действии обычных средств поражения в соответствии с положениями СП 88.13330.2022 «Защитные сооружения гражданской обороны».

Полученные результаты экспериментальных исследований будут использованы для проверки математической модели взаимодействия слоистой преграды и ударника при высоких скоростях. Кроме того, показана эффективность применения систем внешнего армирования на основе углекомполитов при ударной нагрузке, что может привести к рассмотрению их применения на этапе проектирования и укрепления несущих конструкций защитных сооружений гражданской обороны от обычных средств поражения.

Список литературы

1. Халиулин В.И., Батраков В.В., Шабалин Л.П., Кианка М.Ю., Беззаметнов О.Н. Исследование механического поведения упруготрансформируемых комполитных конструкций // *Вестник ПНИПУ. Механика*. 2019. Т. 1. С. 184-195.
2. Уткин А.В., Мочалова В.М., Якушев В.В. Рыкова В.Е., Шакула М.Ю., Острик А.В., Ким В.В., Ломоносов И.В. Импульсное сжатие и растяжение комполитов при ударно-волновом воздействии // *Теплофизика высоких температур*. 2021. Т. 59. №2. С. 189-194.
3. P. P. Li, H. J. H. Brouwers, Yu. Qingliang, Influence of key design parameters of ultra-high performance fibre reinforced concrete on in-service bullet resistance // *International Journal of Impact Engineering*. 2020. URL: www.researchgate.net/publication/336992873_Influence_of_key_design_parameters_of_ultra-high_performance_fibre_reinforced_concrete_on_in-service_bullet_resistance (дата обращения: 20.09.2023)
4. M. H. Zhang, M. S. H. Sharif, G. Lu. Impact resistance of high-strength fibre reinforced concrete // *Magazine of Concrete Research*. 2007. Т. 59. С.199-210. <https://doi.org/10.1680/mac.2007.59.3.199>
5. Avraham N. Dancygier., David Z. Yankelevsky. High strength concrete response to hard projectile impact. // *International Journal of Impact Engineering*. 1996. Т. 18 №6. С.583-599. doi: 10.1016/0734-743X(95)00063-G