

ДЕФОРМИРОВАНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ СЛОИСТЫХ АРМИРОВАННЫХ УГЛЕПЛАСТИКОМ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ УДАРНО-ВОЛНОВОМ НАГРУЖЕНИИ*

Н.Н. Белов¹, А.С. Пляскин¹, Н.Т. Югов³, А.И. Потекаев², А.А. Клопотов^{1,2},
А.А. Югов¹, Э.С. Усеинов⁴, В.Е. Буньков¹

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

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

³ Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

⁴ ООО «ТЭФРА», г. Томск, Россия

Исследованы процессы деформирования и разрушения слоистых конструкций армированных углепластиком с лицевой и тыльной сторон бетонных плит в условиях ударно-волнового нагружения. Предложена модель, описывающая в рамках механики сплошной среды данные процессы. В диапазоне скоростей встречи 1000–1500 м/с изучено влияние лицевого и тыльного слоев армирования углепластиком преград из мелкозернистого бетона на процесс пробития стальным индентором. Установлено, что для пробития преграды из мелкозернистого бетона, армированной углепластиком с лицевой и тыльной поверхностей, необходимо затратить энергии больше на 120% по сравнению с пробитием неармированной преграды.

Ключевые слова: ударно-волновое нагружение, углепластик, бетон, армирование, динамическое разрушение, математическое моделирование.

Введение

В настоящее время композиционные материалы на основе эпоксидного связующего и углеродного волокна находят все большее применение благодаря высокой удельной прочности, стойкости к циклическим нагрузкам и агрессивным средам. Совместное применение углепластиков с другими конструкционными материалами, такими как сталь, бетон и дерево, дает возможность создавать гибридные изделия и конструкции с высокими эксплуатационными характеристиками. Опыт применения систем внешнего армирования при усилении конструкций показывает их эффективное использование и позволяет достичь высоких физико-механических свойств. В этой связи актуальны исследования напряженно-деформированного состояния слоистого композита при высокоинтенсивных воздействиях природного и техногенного характера. При контакте углеволокна с эпоксидной смолой в результате химической реакции углеволокно превращается в жесткий пластик, приобретая прочность, в 6–7 раз превосходящую прочность стали.

Накоплен значительный объем информации о физико-механических свойствах и поведении при различных видах нагружения и деформации эпоксидных углепластиков, конструкций с армированием углепластиками, а также о ресурсе и сроке их эксплуатации в различных изделиях [1–6]. Экспериментально определены ударно-волновые характеристики углепластиков на основе однонаправленных волокон. В диапазоне давлений ударного сжатия до 3 ГПа экспериментально измерены ударные адиабаты и определены критические разрежающие напряжения в условиях откола при скорости деформирования $\sim 10^4$ с⁻¹ [7].

Откольные напряжения в материалах, подвергнутых растяжению в направлении, перпендикулярном к плоскости армирования, определяются, в основном, прочностью полимерного связующего к растягивающим напряжениям и его адгезией с углеродным волокном [8]. В работе [9] получена экспериментальная адиабата эпоксидной смолы и измерены значения откольной прочности, обнаружена их зависимость от скорости деформации образца при импульсном растяжении.

Изучение закономерностей динамической прочности композиционных материалов на основе моделирования позволяет прогнозировать способность выдерживать высокоскоростные удары гибридных конструкций специальных зданий и сооружений. К настоящему времени исследованы прочности элементов строительных конструкций на взрывные и ударные нагрузки из бетона, железобетона, фибробетона, кирпича и кирпичной кладки [10–17]. Однако исследования поведения

* Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерств науки и высшего образования РФ (номер проекта FEMN-2020-0004).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>