**ОЦЕНКА ДОПУСТИМЫХ УДАРНЫХ НАГРУЗОК ПРОТОТИПА ДИЗАЙНЕРСКОГО ВЕЛОСИПЕДНОГО ШЛЕМА**

Землянский Павел Евгеньевич

В данной работе решалась задача оценки допустимых ударных нагрузок для прототипа велосипедного шлема, выполненного в рамках дизайнерского проекта студентами Академии «Высшая инженерная школа» РУТ (МИИТ). Предполагается, что представленные в докладе физические модели динамических деформаций в дальнейшем будут использованы при составлении алгоритма расчёта прочности для выбора материалов оболочки и внутренней упругой подкладки шлема. В соответствии с поставленной задачей (расчет допустимой динамической ударной нагрузки для обеспечения безопасности эксплуатации велосипедного шлема), был предложен алгоритм расчета, позволяющий при заданном выборе параметров задачи, определить коэффициент жесткости упругой подкладки шлема и по его значению - сформулировать предложения по выбору материала демпфера. Алгоритм основан на методах приближённого расчета ударных деформаций, используемых в прикладной теории сопротивления материалов.

Динамическая деформация шлема δД, воспринимающего удар, зависит главным образом, от кинетической энергии его столкновения с препятствием. При этом возникают большие ускорения и большие инерционные силы, которые в основном и определяют силу удара. В общем случае, расчёт механических напряжений и деформаций при ударе является весьма сложной задачей, поэтому в инженерной практике применяют приближенные методы расчета на удар[[1]](#footnote-1). В нашем случае, они базируются на следующих основных допущениях:

*Первое*. Для того, чтобы погасить динамическую силу удара  *F*Д, двухслойная система оболочка + подкладка шлема должна быть упругой (считается, что в первом приближении ее характеризует коэффициент жёсткости *k*)*.* При расчёте кинетической энергии столкновения *T* учитывается только масса головы и шлема велосипедиста – *m,* поскольку рассматривается случай удара головой о полотно дороги при падении с велосипеда, движущегося со скоростью *V* . Случай лобового столкновения с твердым массивным препятствием при больших скоростях, в большинстве случаев приводит к летальному исходу – шлем здесь не поможет.

*Второе.* Контактные силы динамического воздействия *F*Дпропорциональны статическим (с динамическим коэффициентом *K*Д, обычно он принимается равным 2), в связи с чем для инженерных расчетов на прочность при динамических нагрузках можно использовать закон Гука:

*F*Д = *2k·*δД ,

где δД - динамическаядеформация шлема, *k –* статический коэффициент жёсткости.

*Третье.* При ударе деформация происходит, хотя и быстро, но не мгновенно, поэтому динамическая деформация *δ*Д постепенно растет в течение очень короткого промежутка времени от нуля до окончательного значения. При этом рассматривается модель соударения с одной степенью свободы.

*Четвёртое.*  Удар считается абсолютно неупругим, т. е. тела после удара не отталкиваются друг от друга; полотно дороги считается абсолютно жестким, а значит, не деформируется; местные деформации в зоне удара и рассеяние энергии при ударе не учитываются (малое время удара – почти адиабатический процесс).

Для определения допустимых деформаций при ударной нагрузке на шлем предлагается использовать следующий алгоритм:

Применяя закон сохранения энергии,

1) вычислить кинетическую энергию *Т* головы велосипедиста в шлеме, ударяющегося о дорожное полотно со скоростью *V* (остальную массу его тела не учитываем, поскольку голова подвижна по отношению к туловищу);

2) вычислить потенциальную энергию *U*Д деформации шлема, воспринимающего удар;

3) приравнять величины *U*Д и *Т*, из полученного уравнения найти динамическую деформацию δД шлема;

4) считая, что величина динамических деформаций не должна превышать толщину *h* внутреннего упругого слоя шлема, пользуясь законом Гука определить коэффициент жёсткости *k* и по его значению – сформулировать требования к материалу амортизирующего слоя.

Результаты расчётов:

В предельном случае, когда δД = *h*,

Так, для значений параметров *m* = 4 кг, *V* = 15 км/ч, *h* = 2 см получим *k =* 8,8·104 Н/м. Если принять, что при ударе площадь *S* области взаимодействия головы велосипедиста с внутренней деформируемой оболочкой шлема равна 100 см2, то значение модуля Юнга *Е* = *kh/S =* 44 ГПа, что соответствует классу пористых полимерных материалов (например, для резины *Е* = 50 ГПа).

Автор приносит благодарность доценту А. М. Давыдову за постановку задачи и научную консультацию в ходе работы над публикацией.

1. [Сопротивление материалов (soprotmat.ru)](http://soprotmat.ru/). URL: <http://www.soprotmat.ru/dinamika.htm> [↑](#footnote-ref-1)