

В.И. Слуев, В.В. Кузьмин

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РИСКА ГИБЕЛИ ЧЕЛОВЕКА ИЗ-ЗА СКОЛЬЖЕНИЯ ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

При тушении пожаров, проведении аварийно-спасательных работ, а так же при авариях и стихийных бедствиях люди оказываются в экстремальных условиях. Как известно, это может быть причиной их гибели [1-4]. В России при пожарах из-за падения с высоты в 1996 г. погибло 37 человек, в 1997 г.- 46 человек, в 1998 г.- 34 чел. Число погибших из-за падения при пожарах обычно больше, чем, например, число погибших из-за поражения электрическим током. Из-за падения с высоты за последние 5 лет погибало до 8 % от общего числа погибших сотрудников ГПС. В общей статистике по России гибель человека из-за падения с высоты составляет около 0,4 %. При строительстве доля погибших из-за падения с высоты существенно выше. Например, в 1999 г. на строительных объектах Москвы произошло более 50 несчастных случаев, в результате которых погибли 35 человек, 17 % из которых разбились насмерть из-за падения с высоты [4]. В ряде случаев (рис. 1) обстоятельства вынуждают человека скользить по наклонной поверхности [4].

В докладе рассматривается оценка риска гибели человека в результате абсолютно неупругого удара о горизонтальную плоскость из-за скольжения по наклонной поверхности, составляющей угол α с горизонтом (рис. 2).



Рис.1. Некоторые причины скольжения человека по наклонной плоскости при опасных ситуациях

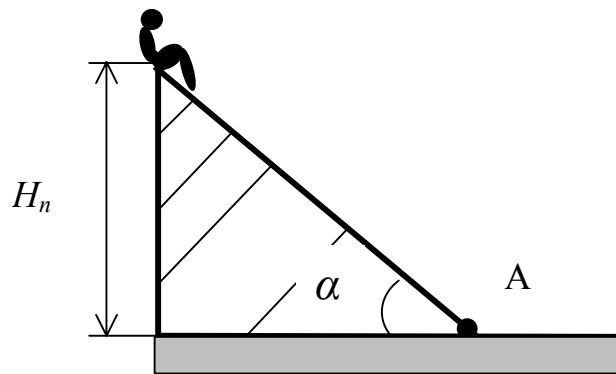


Рис. 2. Схема скольжения человека по наклонной плоскости без трения с высоты H_n

Причиной начала скольжения человека могут быть его сознательные действия в целях быстрого изменения своего положения для спасения, а также случайная потеря опоры, обрыв или разрушение крепления и т.д.

Очевидно, что вертикальная составляющая скорости в момент удара о горизонтальную поверхность равна

$$V_B = \sqrt{2gH_n} \sin \alpha. \quad (1)$$

Она из-за удара в точке А станет равной нулю. Для оценки опасности удара человека о горизонтальную плоскость можно использовать соотношение [4] :

$$P = P_o \exp\left(\frac{H}{H_o}\right), \quad (2)$$

где P - вероятность гибели человека при свободном падении с высоты H , $1,2 \text{ м} < H < 9,8 \text{ м}$; при $H > 9,8 \text{ м}$ $P = 100 \%$; при $H_o = 1,275 \text{ м}$ $P_o = 0,046 \%$.

Учитывая, что вертикальная компонента скорости человека при ударе в точке А равна скорости свободного падения с эффективной высоты

$$H_{эфф} = H_n \sin^2 \alpha, \quad (3)$$

можно получить зависимость вероятности гибели человека от высоты падения и угла наклона плоскости скольжения:

$$P = P_o \exp\left(\frac{H_n \sin^2 \alpha}{H_o}\right), \quad (4)$$

где $1,2 \text{ м} < H_n \sin^2 \alpha < 9,8 \text{ м}$; при $H_n \sin^2 \alpha > 9,8 \text{ м}$ $P = 100 \%$.

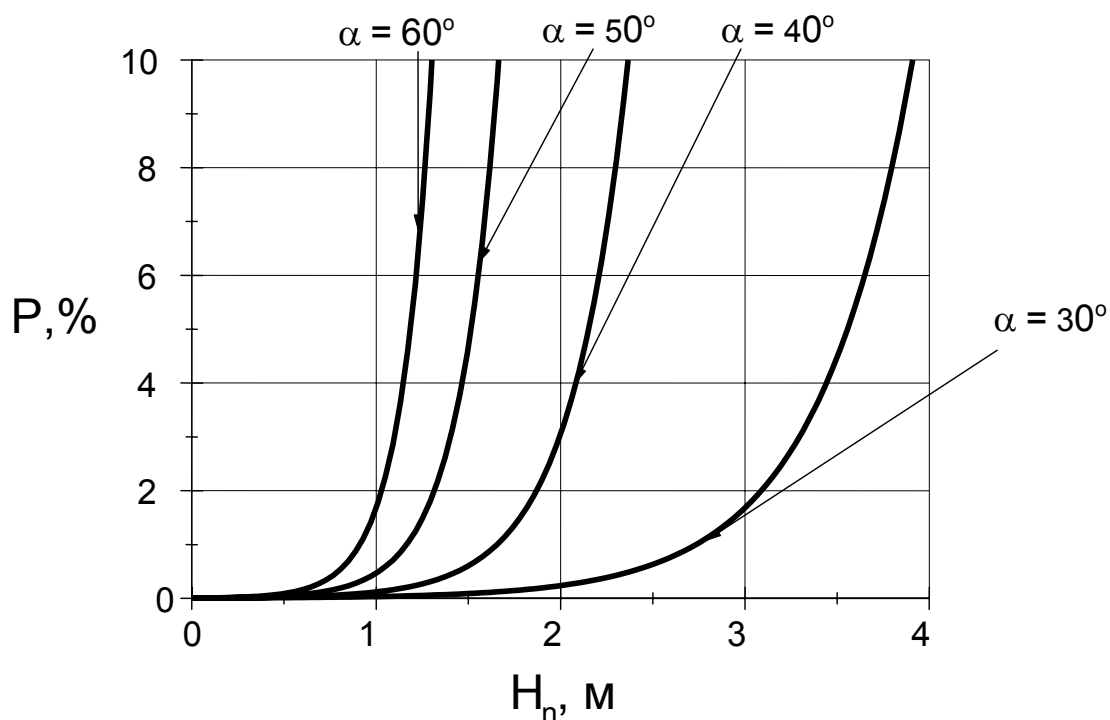


Рис. 3. Зависимости вероятностей гибели человека от высоты нахождения человека для разных значений угла наклонной плоскости скольжения

На рис. 3 в качестве примера представлены зависимости, рассчитанные по формуле (4). Видно, что при скольжении человека, например, с высоты 15 м при угле наклона 30° вероятность его гибели менее 2 %, а при угле наклона 50° - вероятность гибели равна 100 %.

Полученные по формуле (4) результаты позволяют количественно оценивать опасность гибели человека при ударе о горизонтальную твердую поверхность из-за скольжения по наклонной плоскости (рис. 3). Такие расчеты могут быть полезны для сопоставления и анализа различных рисков, возникающих при опасных ситуациях [5, 6].

Практика показывает, что в ряде исключительных случаях человек, оказавшихся в опасности (пожар, стихийное бедствие, действия террористов, промышленные аварии и т.д.) вынужден сам себя спасать. В частности этому могут способствовать элементы конструкции зданий и сооружений, которые он может использовать. Такие расчеты могут быть использованы при расследовании и анализе различных несчастных случаев, связанных с падением человека и разработки мероприятий по совершенствованию охраны труда.

Литература

1. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Вагнер П. Мировая пожарная статистика в

конце XX века. -М.: Академия ГПС МВД России 2000. -80 с.

2. Матюшин А.В., Прошин А.А., Родионов И.О. Травматизм сотрудников ГПС при исполнении служебных обязанностей и его профилактика. Пожарная безопасность - 2002, № 2. -С.78-83.

3. Котик М.А. Психология и безопасность. -Таллинн "Валгус", 1987. -439 с.

4. Слуев В.И. Теоретические принципы оценки опасности падения человека с высоты. Монография. -М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. -120 с.

5. Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г., Махутов Н.А. Теория риска и технологии обеспечения безопасности. Подход с позиции нелинейной динамики. Часть 1. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях 1998 г., № 11. -С. 26-41.

6. Арнольд В.И. Теория катастроф. -М.: Наука, 1990 г. -127 с.