



Снижение рисков при работе на высоте за счет перехода на цифровые средства индивидуальной защиты

О.В. Денисов, И.В. Топилин, И.И. Еремин, В.Е. Мереняшев, В.А.

Гукалов

ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону

Аннотация. Статья еще раз выделяет проблему роста травматизма в нашей стране. В статье представлен разработанный цифровой комбинезон для работ на высоте, исключая возможность нарушения правил ТБ, контролирующей целостность ремней. Делается вывод, что безопасность человека, его жизнь нельзя отдавать на откуп только ему самому в быстроразвивающемся техногенном обществе, человеку должны активно помогать цифровые технологии.

Ключевые слова: неудовлетворительные условия труда, простейшие защитные средства от падения человека, оптоволокно, вероятности возникновения опасности, цифровые технологии

Согласно Стратегии национальной безопасности РФ до 2020 года, обозначающей одну из главных стратегических угроз национальной безопасности — прогрессирующую трудонедостаточность, ожидается дальнейшее снижение доли трудоспособного населения в общей численности населения [1, 2]. В РФ в настоящий момент реализуется национальный стандарт ГОСТ Р 54934 – 2012 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья», однако, несмотря на это, статистические данные показывают рост профзаболеваемости. Выявлено, что основной причиной профпатологии являются неудовлетворительные условия труда, наличие рабочих мест с вредными и опасными условиями труда [3, 4]. Статистический анализ показателей травматизма в Ростовской области показывает, что доля тяжелых и смертельных несчастных случаев на производстве за последние двадцать лет не только не уменьшилась, но и имеет тенденцию к росту. В 2009 и 2011 годах она достигала 8%, что существенно превышает показатели развитых стран мира. Это

свидетельствует о необходимости дальнейшего комплексного исследования производственного травматизма и разработки эффективных мероприятий по повышению безопасности труда [5-13].

Среди простейших защитных средств от падения человека, повсеместно применяющихся в профилактике травм, необходимо отметить рабочую одежду с ремнями безопасности. Недостатками защитных средств первых поколений являются: сложность взаимосвязи и фиксации ремней системы, приводящая к длительному их надеванию; незначительная площадь опоры ягодичного ремня, что не позволяет выполнять продолжительную работу в устойчивой позе сидя при зависании на тросе, или веревке, поскольку вызывает неудобство и дискомфорт у работника; не удобство выполнения работ на высоте в положении зависания и невозможности контроля правильности фиксации работника к надежным ограждающим конструкциям.

Разработанный цифровой комбинезон для работ на высоте (рис.1), представляющий из себя рабочую одежду (комбинезон), с усиленной молнией и ремнями безопасности, оснащен усиленным тросом и выполнен из композиционных материалов. При этом усиленный трос содержит нити из углепластикового волокна, оптоволокна и нейлоновых нитей. Цифровая составляющая представлена страховочными ремнями с интеллектуальным карабином, который при помощи радиосигналов связи передает данные о состоянии ремня безопасности на стационарный блок управления в цехе.

Выполнение троса из композиционным материалов, содержащих нити из углепластикового волокна и нейлона позволяет обеспечить его легкость и высокую прочность на разрыв. Применение оптоволокна обеспечивает, совместно с элементами блока управления в карабине, передатчиком импульсов и приемником импульсов, постоянный контроль целостности и тензометрирования (деформирования) троса.

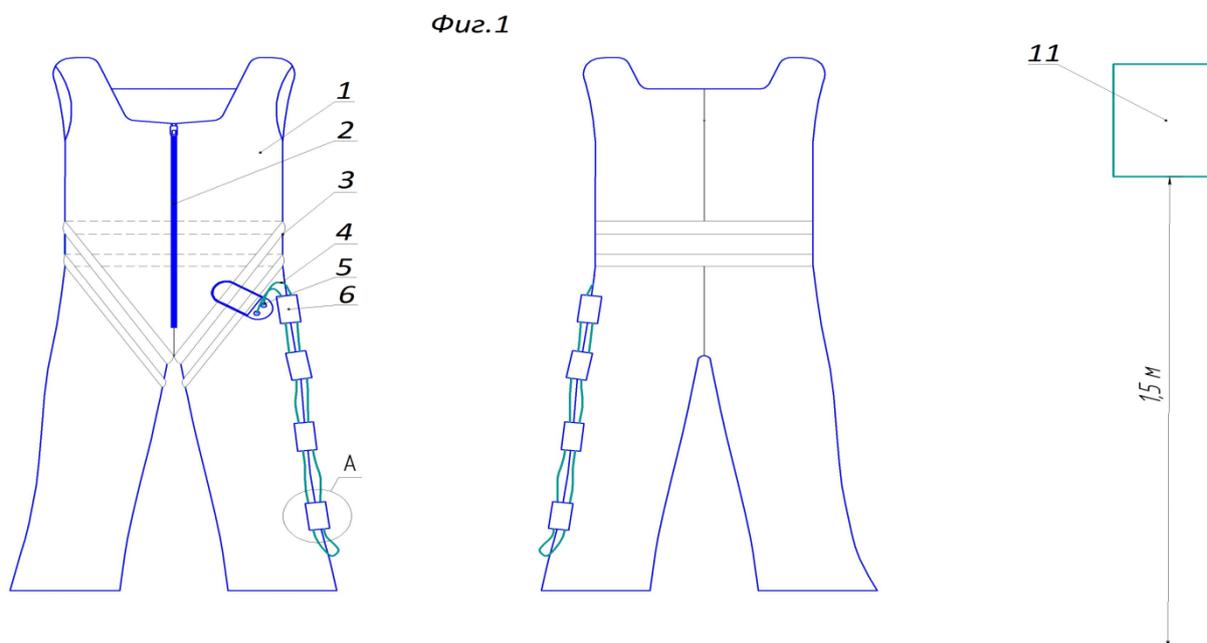


Рис. 1. – Общий вид цифрового комбинезона для работ на высоте (1 – комбинезон; 2 – усиленная молния; 3 – страховочные ремни 4 – усиленный трос; 5 – интеллектуальный карабин; 6 – крепление-липучка; 7 – ответные крепления – липучки; 8 – нейлоновые нити; 9 – оптоволокно; 10 – углепластиковое волокно; 11 – блок управления в цеху)

Карабин снабжен блоком управления с альтиметром и зуммером, светодиодными индикаторами, которые срабатывают, если работник находится на высоте, на которой предусмотрена фиксация к ограждению, не пристегнутым. Передатчик импульсов и приемник импульсов в блоке управления карабина проверяют целостность троса путем опроса с установленной частотой. При обрыве или значительной деформации оптоволокна, являющегося слабым звеном троса по своей прочности, блок управления карабином посредством радиосигналов передает соответствующие данные на стационарный блок управления и включает световую индикацию и зуммер у работника и на центральном блоке.

Альтиметр, настроенный на соответствующую высоту, также выдает сигнал о возможном нарушении, собственно, работнику, напоминая ему, и на

центральный блок, который находится в цеху и сохраняет информацию о том, сколько времени тот или иной работник находился на высоте не пристегнутым (или пристегнутым) к защитным ограждениям, информация выводится на панель цифровой индикации (ЖК экран).

На этапе предшествующем проведению отработки, предположим, что разработанное цифровое СИЗ позволяет контролировать продолжительность нахождения работников на высоте с одновременным контролем состояния фиксации троса с карабином. При этом нарушения техники безопасности можно будет избежать. Для стимулирования работников, исправно выполняющих правила техники безопасности, можно ввести поощрительные меры по времени работы на высоте согласно технологической карты, при этом исключив возможные нарушения в течение значимого времени.

Априорный анализ возможности снижения рисков падения с высоты при применении цифровых СИЗ. В зависимости от ситуации анализ травмоопасности производственной ситуации может проводиться до или после события – априорный или апостериорный анализ. Всегда применяемый способ может быть прямым или обратным.

Очевидно, что априорный анализ актуальнее, чем апостериорный, так как он предшествует негативной ситуации, вместе с тем оба они дополняют друг друга. В случае с материальными системами, такими как машины или промышленное оборудование, предыдущий опыт может помочь в подготовке очень подробного априорного анализа надежности технических систем.

При проведении априорного анализа существуют два подхода к изучению механизма, логики, последовательности и математического описания вероятности возникновения опасности.

Вероятность реализации события при логической операции И (данная логическая операция указывает, что выходное событие произойдет, если все входные события произойдут одновременно) определяют по формуле:

$$P_{\text{(травма при падении)}} = P(A) \times P(B) . \quad (1)$$

Данную последовательность событий рассматривать не будем.

Вероятность реализации события (падения с высоты и получения травмы) при логической операции (ИЛИ - логическая операция указывает, что для проявления выходного события достаточно свершения любого из входных событий), что характерно для широкого спектра событий, можно определить по формуле:

$$P(A_1, A_i) = P(A_1) P(A_i), \quad (2)$$

где A_1, A_i – множество i – х независимых событий.

Для простейшей ситуации с двумя событиями А «надел - не надел СИЗ» и В «подскользнулся – упал и подскользнулся - не упал» зависимость сокращается до:

$$P_{\text{(травма при падении)}} = 1 - [(1 - P_A)] \times [(1 - P_B)], \quad (3)$$

Рассмотрим условия и вероятность падения с высоты и получения травмы при отсутствии страховки. Поднявшись на высоту (скажем более 1,5 м) человек (недисциплинированный рабочий) при принятии решения работать без средств индивидуальной защиты может руководствоваться принципом «Эх, пронесет!».

Ситуация первая (крайне негативная). Вероятность не использования СИЗ (при полном отсутствии страховочного пояса) недисциплинированным рабочим составит $P_A = 1$. Вероятность падения при потере равновесия или невнимательности (при полном отсутствии страховочного пояса) недисциплинированным рабочим (или при условии нарушений ТБ на предприятии системно) $P_B = 1$.

Вероятность падения и получения травмы в случае $P_A = 1, P_B = 1$:

$P_{\text{(травма при падении)}} = 1 - (1 - 1) (1 - 1) = 1$ (исход крайне негативный в 100%).

Ситуация вторая (негативная). Вероятность падения при потере равновесия или невнимательности (при наличии страховочного пояса) недисциплинированным рабочим составит $P_B = 0...1$. Вероятность падения при потере равновесия или невнимательности (при наличии страховочного пояса) недисциплинированным рабочим (или при условии нарушений ТБ на предприятии системно) $P_B = 0...1$.

Вероятность падения и получения травмы в случае средних значений «50 на 50» $P_A = 0,5, P_B = 0,5$:

$P_{\text{(травма при падении)}} = 1 - (1 - 0,5) (1 - 0,5) = 0,75$ (исход негативный в 75%).

Ситуация третья (позитивная). Вероятность не использования СИЗ (при наличии страховочного пояса, например, описанного выше) дисциплинированным постоянно контролируемым рабочим составит $P_A = 0$. Вероятность падения при потере равновесия или невнимательности (при правильном использовании страховочного пояса) дисциплинированным рабочим (при системном выполнении правил ТБ на предприятии) $P_B = 0$.

Вероятность падения и получения травмы в случае значений «50 на 50» $P_A = 0, P_B = 0$:

$P_{\text{(травма при падении)}} = 1 - (1 - 0) (1 - 0) = 0$ (падение невозможно).

Применив логику предыдущих примеров и добавив к ним вероятности физической усталости, психологической напряженности персонала, неудобства и плохой эргономики на рабочем месте, задымленности, запыленности и других, можно вычислить вероятность травмы в промежуточных случаях (область второй ситуации). В данном случае вероятность травмы увеличивается с ростом входящих в зависимость токсичных компонентов.

Очевидно, что этиология опасностей очень сложна, поэтому для минимизации вредного воздействия факторов производственной среды –

необходимо ее правильное понимание. Предложенное в начале статьи инновационное цифровое техническое решение явно снижает все риски (вероятности падения), которые могут входить в оценочную зависимость. При этом все вероятности (вероятность использования СИЗ, вероятность из целостности, вероятность использования на заданной высоте, вероятность хорошего психологического состояния работника (за счет осознания безопасности и возможного поощрения за работу в сложных условиях)) могут быть максимальными и стремиться к единице.

Изучение этиологии несчастных случаев раскрывает большие возможности перед теми, кто заинтересован в разработке соответствующей теории и инновационной цифровой техники.

Цифровые разработки СИЗ важны объективно так как известно, что персонал предприятий распознает меньше половины источников опасности. При этом меньше четверти источников опасности были выявлены в результате сопоставления со стандартами (в частности, уровень шумов). Также в четверти случаев осознание источника опасности происходит на базе воспринимаемых ощущений, которые просто интерпретировали за счет своих знаний об опасности (например, блестящий влажный пол позволяет думать, что он скользкий).

Часто результаты исследований показывают, что возможность осознания опасности находится в отрезке от простого обнаружения и осознания до сложного умственного процесса с получением выводов на базе предчувствия и оценок, т.к. причинно-следственные связи временами не ясны, едва заметны или неверно истолковываются. Становится ясно, что безопасность человека, его жизнь нельзя отдавать на откуп только ему самому в быстроразвивающемся техногенном обществе, человеку в 21 веке должны активно помогать цифровые технологии.

Литература



1. Бабаков А.Н., Черникова А.Г. Состояние охраны труда в России // Вестник ИМСИТа. 2013. № 3-4. С. 21-23.

2. Denisov O.V., Bulygin Yu.I., Ponomarev A.E., Ponomareva I.A., Lebedeva V.V. Innovative solutions shockproof protection in occupations associated with an increased risk of injury // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. V. 50. № 1. P. 012044.

3. Усикова О.В. Сравнительный анализ организации систем охраны здоровья и безопасности труда (обзор зарубежного опыта) // Сиббезопасность-Спассиб. 2013. № 1. С. 249-253.

4. Денисов О.В., Пономарева И.А., Зименко В.А. Защитная повязка для крупных суставов при занятиях спортом // Новые стандарты модернизации педагогического образования в формировании здорового образа жизни и безопасности жизнедеятельности: Материалы III Региональной научно-практической конференции Южного федерального округа, 2015. С. 90-92.

5. Плешко М.С., Щекина Е.В., Рябова Н.В. О проблеме увеличения тяжести производственного травматизма на предприятиях машиностроения Ростовской области // Инженерный вестник Дона, 2017, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4263

6. Meskhi B., Buligin Y., Alexeenko L., Molev M. Plescko M. Ensuring safe operation and assessing the condition underground structures by the method of acoustic resonance flaw detection // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 19. Ser. "Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport, EMMFT 2017" 2017. p. 012217.

7. Патент РФ на изобретение № 2312693, МПК А62В35/00, 2007.

8. Патент РФ на изобретение № 2318557, МПК А62В35/00, 2008.

9. Денисов О.В. К вопросу о противоударной экипировке в профессиях, связанных с повышенным риском // Инновационные технологии в науке и



образовании: Сборник научных трудов научно-методической конференции, посвященной 85-летию ДГТУ. Ростов н/Д, 2015. С. 510-516.

10. Топилин И.В., Пономарева И.А. Об испытаниях опытной модели элемента противоударной экипировки водителей автотранспорта (Часть 1) // Инженерный вестник Дона, 2015, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3066.

11. Денисов О.В., Топилин И.В., Еремин И.И., Пономарев А.Е., Пономарева И.А. Деформация моделей противоударных устройств для защиты суставов // Инженерный вестник Дона, 2015, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4216

References

1. Babakov A.N., Chernikova A.G. Vestnik IMSITa. 2013. № 3-4. pp. 21-23.
2. Denisov O.V., Bulygin Yu.I., Ponomarev A.E., Ponomareva I.A., Lebedeva V.V. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. V. 50. № 1. P. 012044.
3. Usikova O.V. Sibbezopasnost'-Spasib. 2013. № 1. pp. 249-253.
4. Denisov O.V., Ponomareva I.A., Zimenko V.A. Novye standarty modernizatsii pedagogicheskogo obrazovaniya v formirovaniy zdorovogo obraza zhizni i bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: Materialy III Regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii Yuzhnogo federal'nogo okruga, 2015. pp. 90-92.
5. Pleshko M.S., Shchekina E.V., Ryabova N.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4263
6. Meskhi B., Buligin Y., Alexeenko L., Molev M. Plescko M. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 19. Ser. "Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport, EMMFT 2017" 2017. p. 012217.



7. Patent RF na izobretenie № 2312693, MPK A62B35/00, 2007.
8. Patent RF na izobretenie № 2318557, MPK A62B35/00, 2008.
9. Denisov O.V. Innovatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii: Sbornik nauchnykh trudov nauchno-metodicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu DGTU. Rostov n/D, 2015. pp. 510-516.
10. Topilin I.V., Ponomareva I.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3066.
11. Denisov O.V., Topilin I.V., Eremin I.I., Ponomarev A.E., Ponomareva I.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4216