

УДК 539.3:62-50:614.8

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ, ПАРАМЕТРОВ ТОЛЩИНЫ ПАНЕЛИ И РАДИУСА КРИВИЗНЫ НА НДС ЛИЦЕВОГО ЩИТКА ПОЖАРНОГО ШЛЕМА

БЕЛИКОВ А. С.^{1*}; *д.т.н., проф.*,
САБИТОВА О. А.², *соискатель*,
ДОЛГОПОЛОВА Н. В.^{3**}; *к.т.н.*,
РАБИЧ Е. В.⁴; *к.т.н., доц.*

^{1*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: olgaandreevna84@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-5552-4512,

^{3**} Отдел прочности и оптимизации конструкций, Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, ул. Пожарского 2/10, 61046, Харьков, Украина, тел. +38 (050) 632-08-00, e-mail: n_dolgopolova@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4326-2284

⁴ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: elena.rabich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5600-0470

Аннотация. *Цель.* Обеспечение безопасности ведения аварийно-восстановительных и ремонтно-строительных работ за счет модернизации конструкции монолитной панели остекления лицевого щитка защитного шлема работников спецподразделений. *Методика.* Применение специальных технических средств для обеспечения безопасности специализированных подразделений при возникновении чрезвычайных ситуаций. *Результаты.* В статье рассматриваются вопросы повышения безопасности работников, выполняющих аварийно-восстановительные и ремонтно-строительные работы в экстремальных условиях на объектах строительной индустрии. Авторы предлагают конструкцию каски с забралом, защищенную патентом Украины и математически обоснованные расчетные модели к ней, которые позволяют обобщенно подойти к определению напряженно-деформированного состояния (НДС) многослойного защитного забрала. Усовершенствована методика расчета на прочность монолитной панели остекления забрала при столкновении с грузом, что согласовывается с методами проведения испытаний каски пожарного согласно государственного стандарта. Как начальный этап заблаговременных (на стадии проектирования) расчетов напряжений и деформаций, возникающих от импульсного воздействия на наружную цилиндрическую поверхность остекления забрала разработана методика определения значений напряжений в монолитной конструкции панели остекления современной каски пожарного-спасателя, изготовленной из поликарбоната. Рассмотрены некоторые промышленностью выпускаемые толщины листов: $h_0=4$ мм, 8 мм и 12 мм. *Научная новизна.* Для напряженно-деформированных состояний стандартных монолитов получены характерные линейные зависимости функций напряжений, действующих в волокнах остекления от глубины их расположения в остеклении забрала при заданной внешней импульсной нагрузке. Приведены конкретные расчетные данные. Сравнение результатов расчета с основными положениями теории упругости о НДС пластин и оболочек свидетельствуют об их корректности. *Практическая значимость.* Намечены пути модернизации каски пожарного-спасателя и способы ее конструктивного упрочнения, основанные на всестороннем анализе данных задачи принятия решений в условиях определенности.

Ключевые слова: Аварийно-восстановительные и ремонтно-строительные работ; безопасность выполнения работ; защитные каски и забрала; напряженно-деформированное состояние; пакет остекления забрала; радиус кривизны и толщина остекления монолитного забрала; расчеты на прочность

КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ, ПАРАМЕТРІВ ТОВЩИНИ ПАНЕЛІ І РАДІУСА КРИВИЗНИ НА НДС ЛИЦЬОВОГО ЩИТКА ПОЖАРНОГО ШЛОМА

БЕЛІКОВ А. С.^{1*}; *д.т.н., проф.*,
САБИТОВА О. А.²; *здобувач*,
ДОЛГОПОЛОВА Н. В.^{3**}; *к.т.н.*,
РАБІЧ О. В.⁴; *к.т.н., доц.*

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: olgaandreevna84@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-5552-4512

^{3**} Відділ міцності та оптимізації конструкцій, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, вул. Пожарського 2/10, 61046, Харків, Україна, тел +38 (050) 632-08-00, e-mail: n_dolgopolova@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4326-2284

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: elena.rabich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5600-0470

Анотація. Мета. Забезпечення безпеки проведення аварійно-відновлювальних та ремонтно-будівельних робіт за рахунок модернізації конструкції монолітної панелі скління лицьового щитка захисного шолома працівників спецпідрозділів. **Методика.** Застосування спеціальних технічних засобів для забезпечення безпеки спеціалізованих підрозділів при виникненні надзвичайних ситуацій. **Результати.** У статті розглядаються питання забезпечення безпеки працівників, які виконують аварійно-відновлювальні та ремонтно-будівельні роботи в екстремальних умовах на об'єктах будівельної індустрії. Автори пропонують конструкцію каски з забралом, яка захищена патентом України. Розрахункові моделі для визначення напружено-деформованого стану (НДС) багатопарового захисного забрала є математично обґрунтованими. Удосконалено методику розрахунку на міцність монолітної панелі захисного забрала при зіткненні з уламками будівельних конструкцій. Це узгоджується з методами проведення випробувань каски пожежного згідно ДСТУ. Визначено значення напружень в монолітній конструкції забрала у вигляді циліндричної панелі, яка виготовлена з полікарбонату. Це є початковим етапом передпроектних розрахунків на міцність при імпульсному впливі на зовнішню поверхню забрала у вигляді циліндричної поверхні. В роботі розглянута поведінка листів з полікарбонату, які випускаються промисловістю, з номінальною товщиною: $h_0=4, 8$ та 12 мм. **Наукова новизна.** Для напружено-деформованого стану заданого імпульсного зовнішнього навантаження отримані характерні залежності функцій напружень від глибини їх розташування в захисному шарі, які діють у волокнах захисного забрала. Вони мають лінійний вигляд. Наведено конкретні розрахункові дані. Порівняння результатів розрахунку з основними положеннями теорії пружності про НДС пластин і оболонки свідчать про їх коректність. **Практична значимість.** Намічені шляхи модернізації каски пожежного-рятувальника та способи її конструктивного зміцнення, що засновані на всебічному аналізі даних задачі прийняття рішень в умовах визначеності.

Ключові слова: Аварійно-відновлювальні та ремонтно-будівельні роботи; безпека виконання робіт; захисні каски і забрала; напружено-деформований стан; пакет скління забрала; радіус кривизни і товщина скління монолітного забрала; розрахунок на міцність

COMPLEX RESEARCH INFLUENCE DYNAMIC LOAD, PARAMETERS THICKNESS PANEL AND RADIUS CURVATURE ON SSS FACIAL FLAP FIRE SLAM FACE SHIELD HELMET FIREFIGHTER

BYELIKOV A. S.^{1*}; *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
SABITOVA O. A.²; *Postgraduate*,
DOLHOPOLOVA N. V.^{3**}; *Cand. Sc. (Tech.)*,
RABICH H. V.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Associate Prof.*

^{1*} Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 47-16-01, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 47-16-01, e-mail: olgaandreevna84@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-5552-4512

^{3**} The [A.N. Podgorny](http://www.podgorny.com) Institute for Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2/10 Dm. Pozharsky st., Kharkiv, 61046, Ukraine, phone +38 (050) 632-08-00, e-mail: n_dolgopolova@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4326-2284

² Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 47-16-01, e-mail: elena.rabich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5600-0470

Abstract. Purpose. Due to modernization of construction of monolithic panel of glazing took away the increase of safety of leadthrough of emergency-restoration and repair-build works workers of the special divisions. **Methodology.** Application of the special hardwares for providing of safety of the specialized subdivisions in case of occurring of extraordinary situations. **Findings.** The paper deals with the ensure the safety employees who perform emergency repair and Repair construction works under extreme

conditions. The authors propose the construction of helmet with visor, which is protected by patent Ukraine. Models for the calculation of the stress-strain state (SSS) of multilayer protective visor are mathematically justified. The strength calculation technique of monolithic panel protective visor under contact with fragments of building structures is developed. It is agreed with the methods of testing according to ISO fire helmets. The stresses in the monolith safe visor made as cylindrical panel from polycarbonate are determined. This is the first step of pre-strength calculations at impulse impact to the outer surface protective visor as a cylindrical surface. The paper considers the behavior of polycarbonate sheets which are produced with a nominal thickness: $h_0 = 4, 8 \text{ \& } 12 \text{ mm}$. **Originality.** For a given external impulse loading are received characteristic functions depending on the location depth of the stress in a protective layer that operate in the fibers protective visor. It's have a linear form. The calculation data are given. Comparing the calculation results with the basic provisions of elasticity theory of SSS plates and shells are carried out. **Practical value.** Ways of modernization helmets of fire-rescue and constructive ways of strengthening is planned.

Keywords: accident recovery and repair construction works; safety of work; protective helmets and visor; curvature radius and thickness of monolithic glazing visor; the calculation of strength.

Постановка проблемы

Проведенный анализ травматизма среди работников Государственной службы по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС) показывает, что при эксплуатации касок пожарных-спасателей очень часто происходят случаи растрескивания лицевого щитка и, связанного с ним, корпуса каски вследствие их недостаточной прочности [1, 4-6, 8]. Эти нарушения целостности забрала и корпуса каски, возникающие в реальных условиях выполнения работ спецподразделениями, трещины, сколы, размонтирования элементов монтажа забрала, и другие виды дефектов ведут, как правило, к механическим травмам, попаданию в лицо работника вредных веществ. Таким образом, дефекты защитного забрала и/или корпуса каски могут привести к недопустимым воздействиям на лицо и голову оперативника растворов кислот, щелочей, морской воды и т.п.

Цель статьи

Обеспечение безопасности ведения аварийно-восстановительных и ремонтно-строительных работ за счет модернизации конструкции монолитной панели остекления лицевого щитка защитного шлема работников спецподразделений.

Изложение основного материала

Варьирование величиной динамической нагрузки P и толщиной однородных панелей блока остекления h_0 .

При возрастании интенсивности действия внешней нагрузки на любой объект механики его внутренние напряжения возрастают [2, 11-14]. Для оценки НДС монолитного «остекления» нами были проведены исследования влияния величины внешнего динамического воздействия на забрало, что позволило получить зависимости напряжений сжатия-растяжения от варьируемой толщины однородной панели с номинальными толщинами «остекления» забрала: $h_0 = 4 \text{ мм}, 8 \text{ мм}, 12 \text{ мм}$. При этом исследования показали, что все монолитные панели из поликарбоната работают на сжатие лучше, чем на растяжение, поскольку предел прочности на сжатие, как правило, выше предела прочности на растяжение.

В данном случае вызывает интерес задача о сравнении напряжений при колебаниях цилиндрической оболочки забрала, возникающих под воздействием импульсного нагружения в $1,0 \text{ МПа}$ и при нагрузке в $0,75 \text{ МПа}$. С этой целью, ранее полученные графики представлены в виде, как показано на рис. 1 а и рис. 1 б, а также дополнены данными аналогичных расчетов рис. 2 а и рис. 2 б, считая их параметрическими кривыми. То есть, набором параметрических зависимостей для максимальных напряжений всех габаритных толщин монолитного остекления забрала от указанных значений величины импульсной нагрузки.

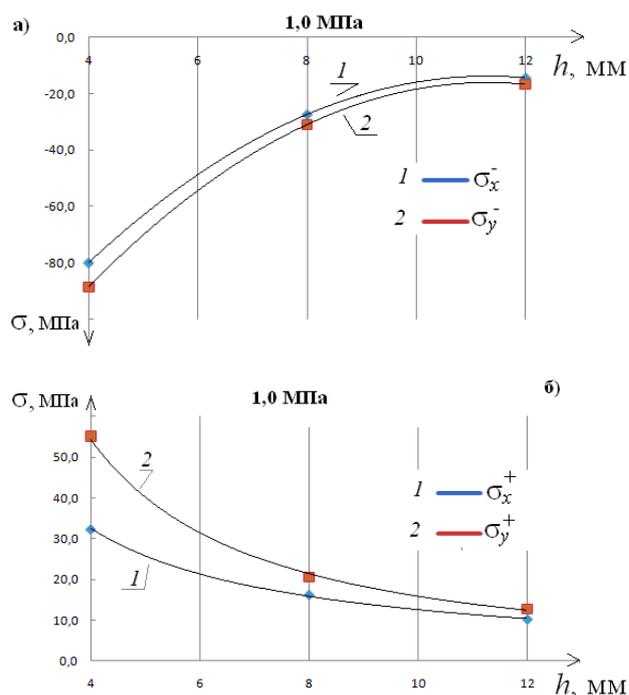


Рис. 1 Зависимости напряжений сжатия («-») и растяжения («+») для существующих типоразмеров листов поликарбоната при интенсивности внешней нагрузки $P=1,0 \text{ МПа}$ / Dependences of compression («-») and tension («+») stresses for existing sizes of plates of polycarbonate at intensity the external load $P=1,0 \text{ МПа}$

В этой связи, перестроим данные рис. 1 и рис. 2 и представим их, как показано на рис. 3, где в качестве абсцисс использованы значения нагрузок в $1,0 \text{ МПа}$ и $0,75 \text{ МПа}$, а в качестве ординат соответствующие

значения напряжений параметрического семейства прямых по параметру $h = 4$ мм, 8 мм, 12 мм. Соответствующие результаты расчетов значений напряжений для НДС представлены в виде линейных зависимостей (рис. 3).

Из полученных результатов, как и ожидалось, видно, что увеличение толщины «остекления» забрала, не только усиливает его несущую способность, но и по мере увеличения толщины панели способствует перераспределению НДС в область более благоприятных относительно небольших значений напряжений сжатия.

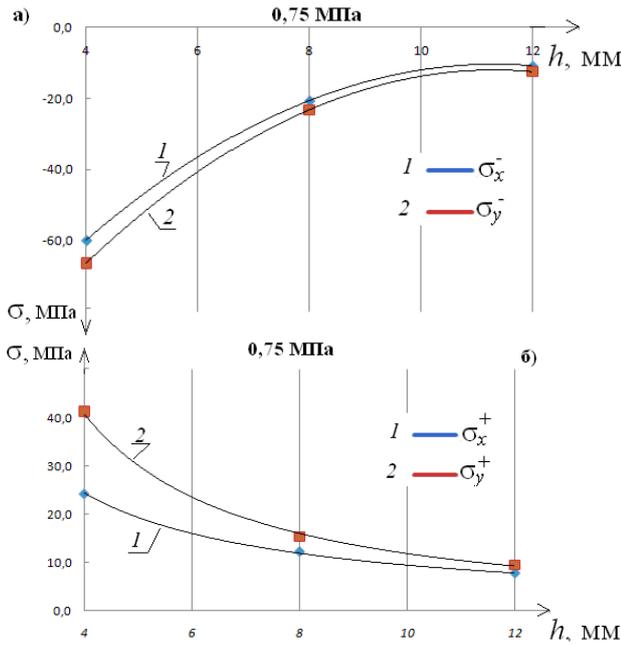


Рис. 2 Зависимости напряжений сжатия («-») и растяжения («+») для существующих типоразмеров листов поликарбоната при интенсивности внешней нагрузки $P=0,75$ МПа / Dependences of compression («-») and tension («+») stresses for existing sizes of plates of polycarbonate at intensity the external load $P=0,75$ MPa

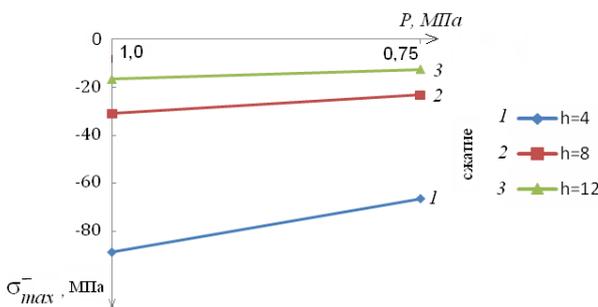


Рис. 3 Графики влияния величины динамической нагрузки на максимальные напряжения сжатия при толщинах монолитных панелей блока «остекления» забрала: -1 – 4 мм, -2 – 8 мм и -3 – 12 мм / On maximal stresses of compression for different thicknesses of face «glazing» shield (4 mm, 8 mm, 12 mm) from the

effect of dynamic loading: -1 – 4 mm, -2 – 8 mm and -3 – 12 mm

Влияние радиуса кривизны панели защитного забрала на ее прочностные свойства.

Естественно полагать, что уменьшение радиуса кривизны монолитного «остекления» забрала будет способствовать увеличению его прочности в подобных условиях нагружения, а значит и безопасности применения лицевого щитка в опасных условиях работы оперативных подразделений [9, 10].

Расчеты в соответствии с предложенной нами методикой оценки НДС панелей монолитного защитного блока забрала подтверждают это результатами, представленными на рис. 4.

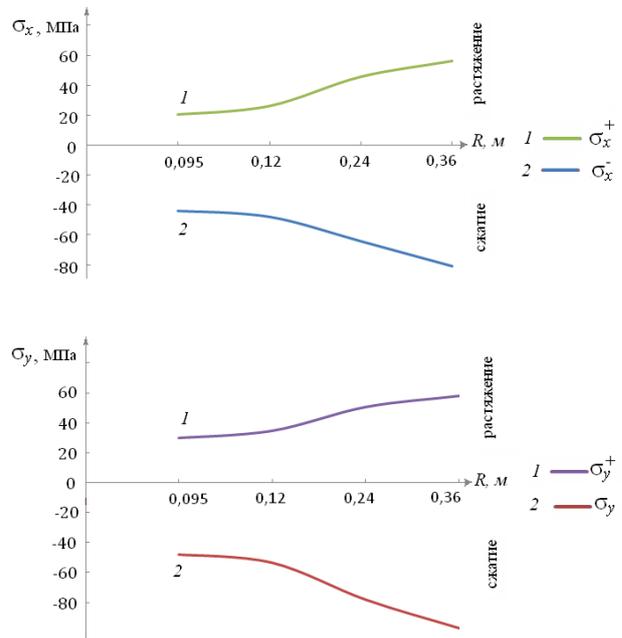


Рис. 4 Влияние радиуса кривизны R (ось абсцисс) на максимальные напряжения растяжения-сжатия (ось ординат) в однослойной монолитной панели забрала толщиной 8 мм для действия нагрузки в 1,0 МПа: -1 и -2 – для крайних наружных волокон; -3 и -4 – для крайних внутренних волокон / Influence of curvature radius R (abscise axis) on maximal tension-compression stresses (y-axis) in a monolith panels for face shield thickness of 8 mm for the action of loading in 1,0 MPa: -1 and -2 – for extreme outward fibers; -3 and -4 – for extreme internal fibers

Рассматривались однослойные монолитные цилиндрические панели толщиной 8 мм с размерами $A \times B = 0,2$ м x 0,3 м. Исследования проводились для панелей, у которых длина дуги фиксирована и численно ограничена величиной B . Варьирование радиусом кривизны R было ограничено пределами: с одной стороны «остеклением» забрала в виде пластины, с другой стороны цилиндрической панелью остекления с центральным углом $\varphi = \pi$.

Даже на уровне «априори» понятно, что кривизна, направленная своей выпуклостью против силы внешнего воздействия будет способствовать

увеличению жесткости панели «остекления» забрала, а значит – снижению по обоим координатным направлениям величины нормальных напряжений в монолитном слое. Увеличивая радиус кривизны «остекления», т.е. при выпрямлении цилиндрической формы панели в пластину, напряжения будут стремиться к своим предельно допустимым значениям в связи со снижением жесткости панели на изгиб до предельно низкого значения.

Представленные в виде графиков на рис. 6 результаты расчетов, подтверждают эти выводы. Более того, своими совпадающими практически «гистерезисными» кривыми дают возможность ориентировочно установить (близкую к линейной) зону критичного реагирования модели однородного «остекления» забрала на изменение его радиуса кривизны примерно от 0,19 до 0,38 м.

Проведенные ранее исследования показали, что увеличение кривизны (уменьшение радиуса кривизны) цилиндрической поверхности остекления и увеличение его толщины на величину напряжений в монолитном слое панели забрала действует в запас прочности – максимальные значения нормальных напряжений и в направлении оси x и оси y уменьшаются. Так что необходимое условие обеспечения прочности остекления забрала в задаче оптимального конструирования лицевого защитного щитка каски может быть выполнено, невзирая на появление визуальных искажений, связанных с возможным преломлением лучей света пакетом монолитного остекления.

Однако, как показали исследования, работник спецподразделения, имеющий каску с забралом, в силу оптического несовершенства «остекления» забрала, которое имеет кривизну и сравнительно большую толщину монолитного слоя, воспринимает с запаздыванием «искаженную» визуальную информацию о параметрах объектов, неожиданно появляющихся в его поле зрения. При работе в режиме «очкарика», проприоцептивные реакции человека на быстро меняющуюся ситуацию, как известно [3, 7], замедляются.

В самом деле, рассматривая более подробно путь, который проходит воспринимаемая любым оператором информация в виде какого-либо входного сигнала, можно утверждать, что перед тем, как оператор примет решение, информация должна пройти 5 пороговых барьеров, которые нами были изучены при использовании:

1) Ощущение. Для того чтобы входной сигнал был увиден (или услышан) человеком, он должен быть воспринят соответствующим органом чувств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Аветисян В. Г. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій: Посібник / В. Г. Аветисян, М. І. Адаменко, В. Л. Александров та інш. – К.: Основа, 2006. – 240 с.

Однако у этих органов реакция восприятия сигналов ограничена, а в некоторых случаях просто отсутствует. В частности, человек не обладает чувством скорости, он ощущает только ускорение.

2) Восприятие. Результат восприятия будет зависеть так же от стимула, то есть от воздействия предыдущего накопленного.

3) Внимание. Вместе с этим у человека есть только один канал принятия решений и вся информация должна постепенно проходить через этот канал. Поэтому, если к мозгу поступает информация от двух источников, то один из них остается без внимания, пока не будет обработан второй. Ограниченная пропускная способность канала принятия решения означает, что может возникнуть ситуация, когда, несмотря на нормальное функционирование всех составных частей системы, информации поступает столь много, что канал становится перегруженным.

4) Решение. Могут быть случаи, когда решение не столь просто принять (*в силу большого числа альтернатив*), и когда приходится выбирать между возможными решениями, наступает задержки по времени в связи с «оценкой преимущества» той или иной альтернативы.

5) Действие. Заключительная часть процесса обработки информации.

Таким образом, вполне возможно, что даже с небольшим по времени запаздыванием реакций человека, увиденный им подвижный предмет попадет непосредственно на защитное забрало, со всеми вытекающими последствиями. Условие минимизации этого явления учитывает второе слагаемое, как достаточность в двуединой задаче принятия решений в условиях определенности. Из изложенного можно сделать вывод о том, что при проектировании монолитного «остекления» забрала каски необходимо:

- учитывать искажения визуальных объектов вследствие преломления лучей отраженного от них света в панели остекления забрала;

- с учетом этого явления повышать прочность «остекления», за счет оптимального конструирования панели.

Заключение

Из всего изложенного следует, что выбор оптимального значения кривизны однородной панели остекления и ее толщины должен согласовываться с принципом суперпозиции [15-16].

Avetisyan V. G. Ryatuvalni roboti pid chas likvidatsiyi nadzvichaynih situatsiy: Posibnik / V. G. Avetisyan, M. I. Adamenko, V. L. Aleksandrov ta insh. – K.: Osнова, 2006. – 240 s.

2. Абаимов С. Г. Статистическая физика сложных систем. От фракталов до скейлинг-поведения / С. Г. Абаимов. - Москва : URSS : Либроком, 2012. – 388 с.

Abaimov S. G. Statisticheskaya fizika slozhnykh sistem. Ot fraktalov do skeyling-povedeniya / S. G. Abaimov. - Moskva : URSS : Librokom, 2012. – 388 s.

3. Афанасьева И. Н. Моделирование двумерного нестационарного обтекания гибкой упругой конструкции в связанной постановке. Часть 3: верификация методики численного моделирования поведения гибкой упругой конструкции. International Journal of Computational Civil and Structural Engineering, Volume 10, Issue 3 – Москва, 2014, С. 40-48.

Afanaseva I. N. Modelirovanie dvumernogo nestatsionarnogo obtekaniya gibkoy uprugoy konstruksii v svyazannoy postanovke. Chast 3: verifikatsiya metodiki chislenного modelirovaniya povedeniya gibkoy uprugoy konstruksii. International Journal of Computational Civil and Structural Engineering, Volume 10, Issue 3 – Moskva, 2014, S. 40-48.

4. Беликов, А. С. Обеспечение безопасности работающего в экстремальных условиях / А. С. Беликов, О. А. Сабитова, В. А. Голендер и др. // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сборник научных трудов. – Днепропетровск: ГВУЗ Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, 2014. Вып. 76.- С. 50-56.

Belikov, A. S. Obespechenie bezopasnosti rabotayushchego v ekstremal'nykh usloviyakh / A. S. Belikov, O. A. Sabitova, V. A. Golender i dr. // Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie. Sbornik nauchnykh trudov. – Dnepropetrovsk: GVUZ Pridneprovskaya gosudarstvennaya akademiya stroitelstva i arhitektury, 2014. Vyp. 76.- S. 50-56.

5. Беликов, А. С. Прочностные свойства защитных касок для работы на объектах стройиндустрии / А. С. Беликов, О. А. Сабитова, В. А. Голендер и др. // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сборник научных трудов. – Днепропетровск: ГВУЗ Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, 2013. Вып. 71, т. 2. - С. 24-28.

Belikov, A. S. Prochnostnye svoystva zaschitnykh kasok dlya raboty na ob'ektakh stroyindustrii / A. S. Belikov, O. A. Sabitova, V. A. Golender i dr. // Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie. Sbornik nauchnykh trudov. – Dnepropetrovsk: GVUZ Pridneprovskaya gosudarstvennaya akademiya stroitelstva i arhitektury, 2013. Vyp. 71, t. 2. - S. 24-28.

6. Беликов, А. С. Специальные средства по обеспечению безопасного ведения работ в экстремальных условиях / А. С. Беликов, А. С. Чаплыгин, В. А. Шаломов и др. // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сборник научных трудов. – Днепропетровск: ГВУЗ Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, 2011. Вып. 62. - С. 24-28.

Belikov, A. S. Spetsialnye sredstva po obespecheniyu bezopasnogo vedeniya rabot v ekstremal'nykh usloviyakh / A. S. Belikov, A. S. Chaplygin, V. A. Shalomov i dr. // Stroitelstvo,

materialovedenie, mashinostroenie. Sbornik nauchnykh trudov. – Dnepropetrovsk: GVUZ Pridneprovskaya gosudarstvennaya akademiya stroitelstva i arhitektury, 2011. Vyp. 62. - S. 24-28.

7. Ведерников В. А., Савичева Г. В. О конечных группах, близких к вполне факторизуемым / Дискретная математика. – М.: Наука, 2007. – Т. 19, Вып. 2. – С. 78-84.

Vedernikov V. A., Savicheva G. V. O konechnykh gruppah, blizkikh k vpolne faktorizuemym / Diskretnaya matematika. – M.: Nauka, 2007. – T. 19, Vyp. 2. – S. 78-84.

8. Ларін, О. М. Інженерна техніка та спеціальні машини для ліквідації надзвичайних ситуацій: навч. посіб. / О. М. Ларін, І. М. Грицина, Н. І. Грицина та ін. – Х.: НУЦЗУ, КП «Міськдрук», 2012 – 380 с.

Larin, O. M. Inzhenerna tehnika ta spetsialni mashyny dlya likvidatsiyi nadzvichaynih situatsiy: navch. posib. / O. M. Larin, I. M. Gritsina, N. I. Gritsina ta in. – H.: NUTZU, KP «Miskdruk», 2012 – 380 s.

9. Харисов, Г. Х., Калайдов, А. Н., Фирсов А. В. Организация и ведение аварийно-спасательных работ. Учеб. пособие. Под ред. А. И. Овсяника – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – 276 с.

Harisov, G. H., Kalaydov, A. N., Firsov A. V. Organizatsiya i vedenie avariynno-spatatelnykh rabot. Ucheb. posobie. Pod red. A. I. Ovsyanika – M.: Akademiya GPS MChS Rossii, 2013. – 276 s.

10. Afanasyeva Irina N., Usmanov Anton. R., Belostotskiy Alexandr M. Specific aspects of numerical simulation of civil engineering structures with cross section 193 shape close to rectangular. Congress Proceedings: WCCM XI – ECCM V – ECFD VI. – Barcelona, July 20-25, 2014. – pp. 7132-7143.

11. Senashov V. I. Characterizations of Layer-Finite Groups and Their Extensions // J. of Siberian Federal University. Mathematics and Physics. — 2009. — № 2(3). — P. 279–287.

12. Shupikov, Aleksander N., Smetankina, Natalia V. and Sheludko, Hely A.. Selection of Optimal Parameters of Multilayer Plats at Nonstationary Loading. Meccanica 33: 553-564, 1998. © 1998 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

13. Shupikov, A. N., Ugrimov, S. V. Vibration of multilayer plates under the effect of impulse loads. Three-dimensional theory. International Journal of Solids and structures 36 (1999) 3391-3402.

14. The GAP Group GAP – Groups, Algorithms, and Programming, Version 4.4, 2006 (<http://www.gap-system.org>).

15. Ulukhanyan A.R. Dynamic Equations of the Theory of Thin Prismatic Bodies With Expansion in the System of Legendre Polynomials // Mechanics of Solids. 2011. Vol. 46, №3, p. 467-479.

16. Ulukhanyan A.R. Representation of Solutions to Equations of Hyperbolic Type// Moscow University Mechanics Bulletin. Vol. 65, №. 2, 2010. p. 47-50.

Статья поступила в редколлегию 27.08.2015