

УДК 539.3:62-50:614.8

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИ ЭЛЕМЕНТА СТРОЙКОНСТРУКЦИИ С ЗАЩИТНОЙ ПАНЕЛЬЮ «ОСТЕКЛЕНИЯ» ЗАБРАЛА

БЕЛИКОВ А. С.<sup>1\*</sup>; *д.т.н., проф.*,  
САБИТОВА О. А.<sup>2</sup>, *соискатель*,  
ШАЛОМОВ В. А.<sup>3\*\*</sup>, *к.т.н., доц.*,  
КОРДУНОВ С. П.<sup>4</sup>; *соискатель*.

<sup>1\*</sup> 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](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup> 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](mailto:olgaandreevna84@inbox.ru), ORCID ID: 0000-0001-5552-4512

<sup>3\*\*</sup> 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: [shalomov\\_v\\_a@mail.ru](mailto:shalomov_v_a@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

<sup>4</sup> 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: [s\\_cordunov@ukr.net](mailto:s_cordunov@ukr.net), ORCID ID: 0000-0001-5069-4731

**Аннотация.** *Цель.* Обеспечение безопасности ведения аварийно-восстановительных и ремонтно-строительных работ за счет модернизации конструкции монолитной панели остекления забрала 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. *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.* Получены результаты с помощью которых возможна модернизация 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

## МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ВЗАЄМОДІЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕМЕНТУ БУД КОНСТРУКЦІЇ ІЗ ЗАХИСНОЮ ПАНЕЛЛЮ «СКЛІННЯ» ЗАБРАЛА

БЕЛІКОВ А. С.<sup>1\*</sup>, *д.т.н., проф.*,  
САБИТОВА О. А.<sup>2</sup>, *здобувач*,  
ШАЛОМОВ В. А.<sup>3\*\*</sup>, *к.т.н., доц.*,  
КОРДУНОВ С. П.<sup>4</sup>, *здобувач*.

<sup>1\*</sup> 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](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup> 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](mailto:olgaandreevna84@inbox.ru), ORCID ID: 0000-0001-5552-4512

<sup>3\*\*</sup> 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: [shalomov\\_v\\_a@mail.ru](mailto:shalomov_v_a@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

<sup>4</sup> 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: [s\\_cordunov@ukr.net](mailto:s_cordunov@ukr.net), ORCID ID: 0000-0001-5069-4731

**Анотація. Мета.** Забезпечення безпеки ведення аварійно-відновних і ремонтно-будівельних робіт за рахунок модернізації конструкції монолітної панелі скління забрала працівників спецпідрозділів. **Методика.** Використання спеціальних технічних засобів для забезпечення безпеки спеціалізованих підрозділів при виникненні надзвичайних ситуацій. **Результати.** В статті розглядаються питання підвищення безпеки працівників, які виконують аварійно-відновлювальні і ремонтно-будівельні роботи в екстремальних умовах на об'єктах будівельної індустрії. Автори пропонують конструкцію каски з забралом, що захищена патентом України і математично обґрунтовані розрахункові моделі до неї, які дозволяють узагальнено підійти до визначенню напружено-деформованого стану (НДС) багат шарового захисного забрала. Вдосконалена методика розрахунку на міцність монолітної панелі скління забрала при зіткненні з вантажем, що узгоджується з методами проведення випробувань каски пожежного згідно державного стандарту. Як початковий етап завчасних (на стадії проектування) розрахунків напруг і деформацій, виникаючих від імпульсного впливу на зовнішню циліндричну поверхню скління забрала розроблена методика визначення значень напруг в монолітній конструкції панелі скління сучасної каски пожежного-рятувальника, виготовленої з полікарбонату. **Наукова новизна.** Для напружено-деформованих станів стандартних монолітів отримані характерні лінійні залежності функцій напруг, діючих в волокнах скління від глибини їх розташування в склінні забрала при заданому зовнішньому імпульсному навантаженні. Наведені конкретні розрахункові дані. Порівняння результатів розрахунку з основними положеннями теорії пружності про НДС пластин і оболонок свідчать про їх коректність. **Практична значимість.** Отримані результати за допомогою яких можлива модернізація каски пожежного-рятувальника і способи її конструктивного зміцнення, засновані на всебічному аналізі даних завдання 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; розрахунки на міцність

## WITH PROTECTIVE PANEL OF «GLAZING» TOOK AWAY THE DESIGN OF DYNAMICS OF CO-OPERATION OF PART OF ELEMENT OF A BUILD CONSTRUCTION

BYELIKOV A. S.<sup>1\*</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
SABITOVA O. A.<sup>2</sup>, *Postgraduate*,  
SHALOMOV V. A.<sup>3\*\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Associate Prof.*,  
KORDUNOV S. P.<sup>4</sup>, *Postgraduate*.

<sup>1\*</sup> 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](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup> 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](mailto:olgaandreevna84@inbox.ru), ORCID ID: 0000-0001-5552-4512

<sup>3\*\*</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 47-16-01, e-mail: [shalomov\\_v\\_a@mail.ru](mailto:shalomov_v_a@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

<sup>4</sup> 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: [s\\_cordunov@ukr.net](mailto:s_cordunov@ukr.net), ORCID ID: 0000-0001-5069-4731

**Abstract. Purpose.** Ensuring security reference emergency-recovery and repair-construction works for account modernization design monolithic panel glazing took employees special forces. **Methodology.** Application special technical funds for software security specialized units at occurrence emergency situations. **Findings.** In article considered questions increase security employees, performing emergency-recovery and repair-construction work in extreme conditions on objects construction industry. Authors offer design helmets with visor, protected patent of Ukraine and mathematically reasonable calculation model to it, which allow generalized step up to definition stress-strain state (SSS) multilayer protective took. Improved technique calculation on strength monolithic panel glazing took at collision with load, that agreed with methods of test helmets fire according to state standard. As initial stage advance (on stage design) calculations stresses and deformations, arising from pulse impact on outer cylindrical surface

glazing took developed technique definitions values stresses in monolithic design panel glazing modern helmets fire-rescuer, made of polycarbonate. **Originality.** For stress-strain state states standard monolith obtained typical linear depending on functions stresses, operating in fibers glazing from depths their location in glazing took at given foreign pulse load. Given specific calculation data. Comparison results calculation with main provisions theory elasticity about SSS plates and shells show about their correctness. **Practical value.** Obtained findings with help which possible modernization helmets fire-rescuer and methods its constructive hardening, based on comprehensive analysis data problem adoption solutions in conditions certainty.

**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

При эксплуатации касок пожарных-спасателей очень часто имеют место случаи растрескивания лицевого щитка и, связанного с ним, корпуса каски вследствие их недостаточной прочности. Такие 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 или корпуса каски могут привести к недопустимым воздействиям на голову и непосредственно лицо оперативника растворов кислот, щелочей, морской воды и т.п.

### Цель статьи

За счет повышения оптических характеристик панели «остекления» забрала можно достичь соответствующей величины запаса прочности каски вместе с забралом, обеспечив, тем самым, безопасные условия в минимаксной ситуации (принцип Вальда) [1, 3-4].

### Изложение основного материала

В данном случае мы рассматриваем ситуацию, когда груз массы  $P$ , кг и защитное остекление сближаются друг с другом с относительной скоростью  $V$ , м/с. Причем, поверхность элемента остекления забрала с касательной к траектории движения груза образует угол  $\alpha$  в точке их соприкосновения. Наклонный удар наносится по наружной поверхности слоя в направлении стороны элемента, параллельной оси  $Ox$  (рис.1). Обработка разнообразных многочисленных данных, полученных в результате натурных экспериментов [4], показала, что площадь контакта груза и элемента остекления приближенно может быть представлена в виде эллипса или упрощенно – прямоугольника. В связи с этим и характер равномерного распределения нагрузки по поверхности контакта в самом общем случае описывается эллипсом [8, 11-13], в нашем частном случае (рис.1) – прямоугольником.

Таким образом, составляющие вектора внешней нагрузки могут быть представлены в виде

$$q_x^{\text{внеш}} = q_y^{\text{внеш}} = 0,$$

$$q_z^{\text{внеш}} = \frac{1}{2} P_0 [1 + \text{sign}(\tau_p - t)] F, \quad (1)$$

где  $P_0$  - интенсивность нагрузки, кН/м<sup>2</sup>;

$$F = \left[ 1 - \frac{(x - x_1 - \delta)^2}{a^2} - \frac{(y - y_1)^2}{b^2} \right]^{1/2};$$

$\tau_p$  – время ударного контакта, с;

$a$  и  $b$  – длины полуосей площадки нагружения, м;

$x_1, y_1$  – координаты точки пересечения траектории груза с поверхностью панели забрала, м;

$q_x^{\text{внеш}}, q_y^{\text{внеш}}, q_z^{\text{внеш}}$  - проекции вектора внешней нагрузки на координатные оси внешней силы, приложенной к наружной поверхности панели

$\delta$  – величина, характеризующая смещение центра площадки нагружения в зависимости от угла соударения, если удар осуществляется грузом из пластичного материала (при жестком соударении  $\delta=0$ ).

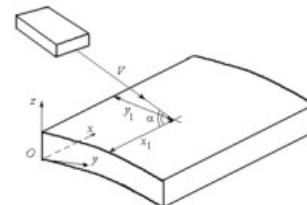


Рис. 1. Схема соударения элемента строительной конструкции с забралом / Chart of hitting of element of a build construction with a visor

Параметр интенсивности внешней нагрузки  $P_0$  подбирается в каждый момент времени так, чтобы мгновенная сила удара имела заданную величину. Это условие можно записать в следующем виде:

$$\int_{\Omega(t)} q_z(x, y, t) dx dy = T(t), \quad (2)$$

где  $T(t)$  – мгновенная сила удара, Н;

$\Omega(t)$  – область контакта груза с элементом остекления.

Условие (2) позволяет выразить величину  $P_0$ , входящую в (1), через значение мгновенной силы удара  $T(t)$

$$P_0 = \frac{3T(t)}{2\pi ab} \quad (3)$$

Задание величин  $a, b, \delta, T$  как функций времени в зависимости от массы груза, угла и скорости соударения осуществляется по методике, разработанной на основе данных, полученных при натуральных экспериментах [1, 6-7].

При этом, принято допущение [9-10, 14], что внешняя нагрузка прилагается к наружной поверхности по прямоугольной площадке с размерами  $(A_2 - A_1) \times (B_2 - B_1)$ . Закон изменения во времени ее параметров можно записать двумя зависимостями:

$$q_x^{внеш} = q_y^{внеш} = 0;$$

$$q_z^{внеш} = \frac{1}{2} P_0 H(t) \sin \pi \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \sin \pi \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}; \quad (4)$$

$$x_1 \leq x \leq x_2, \quad y_1 \leq y \leq y_2;$$

а также

$$q_z^{внеш} = P_0 H(t); \quad x_1 \leq x \leq x_2, \quad y_1 \leq y \leq y_2, \quad (5)$$

где  $H(t)$  – функция Хевисайда;

$P_0$  – интенсивность нагрузки.

Таким образом (в обобщенном виде) представляется целесообразным рассматривать переходные процессы деформирования многослойных цилиндрических панелей с длинами сторон  $A$  и  $B$  с центральным углом  $\varphi$  (в том числе и однослойных монолитных).

Коэффициенты разложения этих нагрузок в ряд Фурье будут иметь вид:

для нагрузки (4) –

$$q_{3mn} = \frac{4P_0 H(t) A \cdot B \cdot (x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}{\pi^2 [A^2 - m^2(x_2 - x_1)^2][B^2 - n^2(y_2 - y_1)^2]}$$

$$\left( \sin \frac{m\pi x_2}{A} + \sin \frac{m\pi x_1}{A} \right) \left( \sin \frac{n\pi y_2}{B} + \sin \frac{n\pi y_1}{B} \right); \quad (6)$$

для нагрузки (5) –

$$q_{3mn} = \frac{4P_0}{mn\pi^2} H(t) \left( \cos \frac{m\pi x_2}{A} - \cos \frac{m\pi x_1}{A} \right)$$

$$\left( \cos \frac{n\pi y_2}{B} - \cos \frac{n\pi y_1}{B} \right), \quad (7)$$

где  $P_0$  – интенсивность нагрузки;

$$m = \overline{1, M}, \quad n = \overline{1, N}.$$

Численные исследования распределения напряжений в зависимости от толщины монолитного слоя и величины внешней нагрузки

Исследования на расчетных динамических моделях проводились для однородной монолитной панели ( $i=1$ ) блока «остекления» забрала с геометрическими параметрами:  $A = 0,02$  м,  $B = 0,03$  м,  $R = 0,095$  м,  $\varphi = \pi$ , при действии распределенной нагрузки по площадке  $A_1 \leq x \leq A_2$  и  $B_1 \leq y \leq B_2$ . Панель выполнена из поликарбоната (ПК). Импульсная нагрузка (3) прилагается к наружной поверхности панели по прямоугольной площадке ( $A_1 = 0,075$  м,  $A_2 = 0,125$  м и  $B_1 = 0,125$  м,  $B_2 = 0,175$  м) двумя номиналами: с интенсивностью равной 1,0 МПа и 0,75 МПа.

При изучении НДС в волокнах монолитной панели рассматривались выпускаемые промышленностью следующие толщины листов:  $h_0 = 4$  мм, 8 мм и 12 мм. В результате проведенных исследований для НДС каждого из стандартных монолитов были получены данные в виде характерных линейных зависимостей напряжений в волокнах, расположенных внутри «остекления» забрала (рис. 2-4), на соответствующей глубине. На этих рисунках приведены данные о расчетных значениях напряжений, действующих в волокнах внутри монолитных цилиндрических панелей различной габаритной толщины, причем в первый период колебательного движения, когда они достигают своих максимальных значений [2, 5].

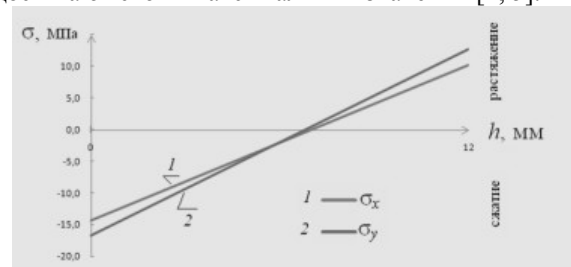


Рис. 2 НДС в волокнах, расположенных внутри «остекления» забрала для интенсивности  $P_0 = 1$  МПа, толщина монолита  $h_0 = 12$  мм; - 1 – напряжения вдоль оси  $x$ , - 2 – напряжения вдоль оси  $y$

a SSS is in fibres, located into «glazing» took away for intensity of  $P_0 = 1$  MPa, thickness of monolith of  $h_0 = 12$  mm; - 1 are tensions along the axis of  $x$ , - 2 are tensions along an axis  $y$

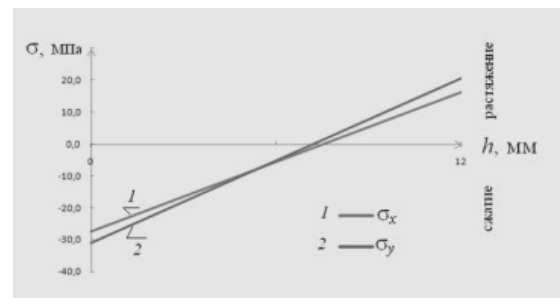


Рис. 3 НДС в волокнах, расположенных внутри

«остекления» забрала толщина монолита  $h_0 = 8$  мм; -1 – напряжения вдоль оси  $x$ , -2 – напряжения вдоль оси  $y$  /

a SSS is in fibres, located the thickness of monolith of  $h_0 = 8$  mm took away into «glazing»; -1 are tensions along the axis of  $x$ , -2 are tensions along an axis  $y$

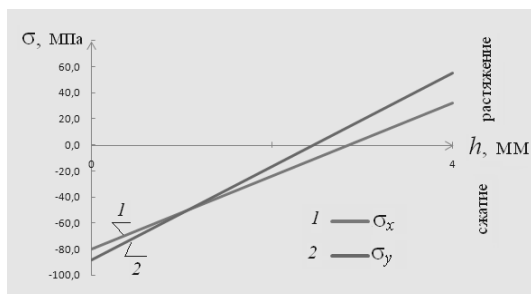


Рис. 4 НДС в волокнах, расположенных внутри «остекления» забрала толщина монолита  $h_0 = 4$  мм; -1 – напряжения вдоль оси  $x$ , -2 – напряжения вдоль оси  $y$  /

a SSS is in fibres, located the thickness of monolith of  $h_0 = 4$  mm took away into «glazing»; -1 are tensions along the axis of  $x$ , -2 are tensions along an axis  $y$

Как видно из приведенных на рис. 2-4 графиков, численные значения максимальных напряжений (сжатия-растяжения) волокон, как и следовало ожидать, становятся большими при меньших значениях толщины монолитного слоя. Т. е. неоспоримым фактом является то, что прочность «остекления» забрала по мере увеличения его габаритной толщины возрастает, а согласно расчетам, является косвенным подтверждением правомерности применения предложенного нами подхода в исследованиях. С другой стороны, отношения напряжений в волокнах во взаимно перпендикулярных направлениях, параллельных внешней поверхности защитного блока, имеют тенденцию к перераспределению. Т. е. при больших значениях толщины панели это отношение близко к постоянству, хотя здесь большими являются величины напряжений растяжения волокон в направлении оси  $y$ . Тем не менее, соотношение меняется в сторону преобладания напряжений растяжения в направлении оси  $y$ , когда толщина монолитного «остекления» уменьшается. Причем, при уменьшении габаритной толщины панели, положение области расположения волокон нейтральной плоскости внутри однородной панели забрала (где нормальные напряжения близки к нулю) смещается в сторону от середины толщины монолита. Для напряжений сжатия все происходит наоборот. При увеличении габаритной толщины панели, положение области нахождения нейтральных волокон внутри «остекления» забрала смещаются от середины толщины монолита в противоположную сторону. Таким образом, нами

исследовано влияние толщины монолитного защитного блока на НДС его «остекления».

Обобщенные данные наших расчетов, которые представлены на рис. 2-4 в виде зависимостей напряжений от толщины монолитного блока, перестроены по реперным точкам ( $h$ ) – ( $\sigma$ ) и представлены на рис. 5. Это дает возможность сделать выводы, которые имеют важное значение для модернизации забрала каски, и для конструирования новых многослойных панелей «остекления».

Во-первых, изменения напряжений в зависимости от толщины однородного слоя панели (рис. 5) носят нелинейный характер.

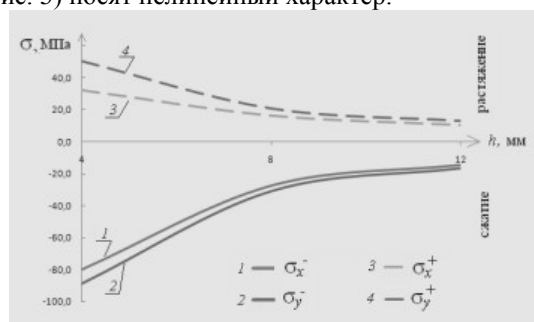


Рис. 5 – Распределение максимальных напряжений в зависимости от толщины панели «остекления» / Distributing of maximal tensions depending on the thickness of panel of «glazing»

Во-вторых, максимальные напряжения «сжатия» (рис. 5) распределяются следующим образом: в направлении  $x$  напряжения  $\sigma_x$  по абсолютным максимумам меньше значений напряжений в направлении  $y$  ( $\sigma_y$ ), хотя при увеличении толщины монолита их численные величины, как и следовало ожидать, «сходятся» по асимптотам.

В третьих, установлено, что более благоприятной зоной повышенной безопасности, с прочностной точки зрения, является область толщин однородной панели забрала, находящаяся в пределах от 8 до 12 мм, т.к. в этом диапазоне толщин уровень напряжений сжатия и растяжения по обоим направлениям ( $x$  и  $y$ ) во внешних наружных волокнах монолита минимален. Причем, он близок, исходя из вида полученных зависимостей, к уровню «насыщения». Однако заметим, что при этом весовые характеристики защитных панелей имеют естественную тенденцию в сторону увеличения.

В четвертых, выявленное в результате наших расчетов смещение от нейтральной середины монолита области с минимальными значениями напряжений  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  предопределяет возможность применения многослойной панели с разделением монолита на три слоя, где нейтральным (в середине) может быть прозрачный клеевой слой, который соединит наружный и внутренний в трехслойный пакет.

### Заключение

В результате исследований установлено, что многослойный пакет должен количественно и качественно изменить ситуацию при замене им однородной панели «остекления» забрала. При этом в сторону улучшения должны измениться прочностные характеристики забрала (уменьшатся напряжения во внутреннем первом и наружном третьем слоях забрала), при одновременном снижении веса лицевого щитка.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. 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 slozhnyh sistem. Ot fraktalov do skeyling-povedeniya / S. G. Abaimov. - Moskva : URSS : Librokom, 2012. – 388 s.
2. 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 konstruktсии v svyazannoy postanovke. Chast 3: verifikatsiya metodiki chislenного modelirovaniya povedeniya gibkoy uprugoy konstruktсии. International Journal of Computational Civil and Structural Engineering, Volume 10, Issue 3 – Moskva, 2014, S. 40-48.
3. 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.
4. 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. Prochnostnyye svoystva zaschitnykh kasok dlya raboty na ob'ektah 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.

5. 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, blizkiy k vpolne faktorizuemym / Diskretnaya matematika. – М.: Nauka, 2007. – Т. 19, Вып. 2. – С. 78-84.

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

7. 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.

8. 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.

9. 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.

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

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

12. Ulukhyan 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.

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

14. Wilson R. Atlas of Group Representations, Version 2.0 (<http://www.mat.bham.ac.uk/atlas/>).

*Статья рекомендована к публикации д-ром.техн.наук, проф. С.З. Полищуком (Украина)*

*д-ром. техн. наук, проф. Н.Н. Беляевым (Україна)*

Статья поступила в редколлегию 07.09.2015