

a и b – коэффициенты, значения которых определяются по уравнениям (5):

$$a = \frac{n \sum_1^n x_i p_i - \sum_1^n x_i \sum_1^n p_i}{n \sum_1^n x_i^2 - \left(\sum_1^n x_i \right)^2}, \quad b = \frac{\sum_1^n x_i^2 \sum_1^n p_i - \sum_1^n x_i \sum_1^n x_i p_i}{n \sum_1^n x_i^2 - \left(\sum_1^n x_i \right)^2}. \quad (5)$$

Звуковое давление и уровень звукового давления, создаваемые потоком газа на впуске ДВС, находятся как сумма нескольких источников (потоков газа с гармонически меняющимися скоростями):

$$p = \sqrt{\sum_{i=1}^4 p_i^2}, \quad (6)$$

$$L = 20 \cdot \lg(p / 0,00002). \quad (7)$$

Уровень звука потока каждой составляющей находится аналогично, но с учетом поправок по частотному приведению A :

$$L_{Ai} = L_i + \Delta L_i, \quad (8)$$

где: L_i – уровень звука i -ой составляющей спектра;

ΔL_i – стандартные поправки частотного приведения A .

Уровень звука, создаваемый потоком воздуха на впуске ДВС, находится так же, как сумма нескольких источников:

$$L_A = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^4 10^{0,1 \cdot L_i} \right). \quad (9)$$

Описанные зависимости позволили составить алгоритм расчета уровня газодинамического шума впуска и разработать программный модуль для системы имитационного моделирования "Альбея". Сравнение результатов расчета показало, что погрешность предложенного метода по сравнению с численным расчетом не превысила 6 дБ при существенном сокращении времени расчета.

Литература

1. Вахитов Ю.Р., Загайко С.А. Приближенный метод расчета шума выпуска ДВС // Известия МГТУ "МАМИ", № 1(9), 2010.
2. Горбачев В.Г. Система имитационного моделирования «Альбея» (ядро). Руководство пользователя. Руководство программиста / В.Г. Горбачев, С.А. Загайко, Н.В. Рудая, Б.П. Рудой, С.Б. Щербаков. – Уфа: Изд. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та, 1995. – 112 с.

Методика выбора рационального сочетания материалов для сэндвич-панелей кузова автобуса

Воронков О.В., к.т.н. проф. Песков В.И.,

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

+7-920-027-87-04, +7-964-834-89-72

Аннотация. В статье приведены основные принципы и формулы, позволяющие на ранних этапах проектирования оценить рациональность применения того или иного материала в конструкции несущего основания или крыши автобусного кузова, выполненных в виде трехслойной панели (сэндвич-панели) с «ребристым» средним слоем. При этом учитываются весовые и механические характеристики материала, а также наличие стандартного ряда толщин листов из данного материала.

Ключевые слова: сэндвич-панели, проектирование основания или крыши кузова автобуса.

Высокая весовая эффективность трехслойных панелей доказана в ходе длительного опыта их производства и эксплуатации в авиа- и судостроении, строительстве [1, 2]. В последнее время наблюдается возрастающий интерес зарубежных автобусостроителей к внедрению трехслойных панелей в конструкцию автобусного кузова, что подтверждается периодическим появлением все новых образцов автобусов-прототипов, использующих в своей структуре панели типа «сэндвич». Указанный интерес оправдан, т.к. на данный момент наиболее эффективным способом повышения производительности автобуса в соответствии с его основной функцией является уменьшение его снаряженной массы, что достигается главным образом за счет снижения собственной массы несущих частей. В свою очередь, создание легковесной несущей конструкции автобусного кузова возможно путем пересмотра номенклатуры применяемых материалов и замены устаревшего стального или алюминиевого каркаса основных несущих частей на более эффективные структуры из сэндвич-панелей.

В качестве одного из наиболее оправданных решений в данном случае предлагается применение сэндвич-панелей с «ребристым» средним слоем (рисунок 1).

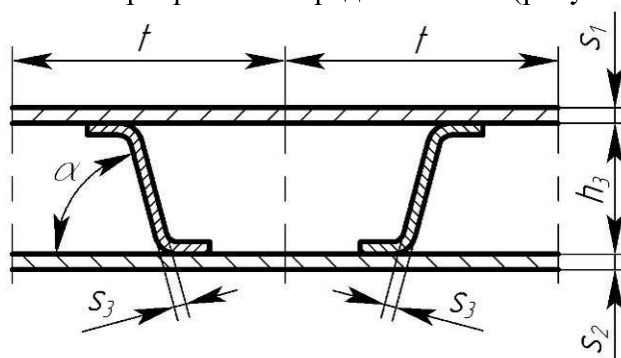


Рисунок 1 – Поперечное сечение панели

Существует реальная потребность в методике выбора рациональных параметров трехслойных панелей, используемых в качестве несущих частей автобусного кузова, т.к. не любая сэндвич-панель может служить эффективной заменой каркасной конструкции. Первым шагом в такой методике является выбор рационального сочетания материалов для конструктивных элементов панели. Целью данной научной работы является разработка расчетных зависимостей и последовательности действий, позволяющих на ранней стадии проектирования трехслойной панели автобусного кузова производить оценку эффективности принятых для ее составных частей материалов.

В случае рассмотрения группы аналогичных по своей конструкции и применению несущих систем, подвергаемых одним и тем же нагрузкам, вопрос рациональности применения того или иного материала обычно сводится к вопросу минимизации собственной массы или стоимости конструкции. Также данный вопрос можно свести к возможности сравнения двух аналогичных конструкций, выполненных из различных материалов. При этом необходимо учитывать, что в таком случае должны сравниваться между собой рациональные с точки зрения своих геометрических параметров конструкции при имеющихся свойствах каждой комбинации выбранных материалов. Для определения этого состояния конструкции на ранней стадии ее проектирования предлагаются специально выработанные для данной цели критерии. Предлагается считать трехслойную панель рациональной с точки зрения геометрических параметров, если выполняются следующие условия:

- 1) действительные коэффициенты запаса прочности (жесткости) равны минимально допустимым;
- 2) основные силовые элементы конструкции равнопрочны;
- 3) основные силовые элементы конструкции выполняют только свою основную функцию.

Для удобства записи приводимых в дальнейшем зависимостей предлагается ввести понятия приведенных механических характеристик материалов, смысл которых исходит из разности механики работы материала для силовых элементов, имеющих форму балки и пластины. Это позволит в дальнейшем использовать для них одни и те же расчетные зависимо-

сти.

$$E^* = E / (1 - \kappa \cdot \mu^2); \quad (1)$$

$$[\sigma]_{p,c}^* = [\sigma]_{p,c} / (1 - \kappa \cdot i \cdot \mu), \quad (2)$$

где: E – модуль упругости 1-го рода; μ – коэффициент Пуассона; $[\sigma]_{p,c} = \sigma_{тр,c} / k_3$ – допускаемое напряжение при растяжении (сжатии) для пластичного материала и $[\sigma]_{p,c} = \sigma_{вр,c} / k_3$ – для хрупкого материала; $\sigma_{тр,c}$ – предел текучести материала при растяжении (сжатии); $\sigma_{вр,c}$ – предел прочности материала при растяжении (сжатии); k_3 – коэффициент запаса; $\kappa = 1$ – для пластин, $\kappa = 0$ – для балок; i – коэффициент, учитывающий применяемую гипотезу прочности, $i = 1$ – гипотеза максимальных касательных напряжений, $i = \mu$ – гипотеза максимальных линейных деформаций, $i = [\sigma]_p / [\sigma]_c$ – гипотеза Мора; символ «*» указывает на то, что данная механическая характеристика является приведенной.

Авторами работы предлагаются зависимости для определения набора безразмерных сравнительных коэффициентов свойств материалов. Данные коэффициенты будут использоваться в дальнейшем при записи формул для безразмерных сравнительных коэффициентов эффективности материалов.

1. Индекс жесткости материала

$$\nu = E^* / [\sigma]_p^*; \quad (3.1)$$

$$\nu = G / [\tau]; \quad (3.2)$$

$$\nu = E^* / [\sigma]_c^*. \quad (3.3)$$

Указанный коэффициент предлагается впервые. В формулировке (3.1) он используется для большинства нагрузочных ситуаций, в том числе для сложного напряженного состояния материала. В формулировке (3.2) – для нагрузочной ситуации чистого сдвига; в формулировке (3.3) – для нагрузочной ситуации одноосного сжатия. Важность данного коэффициента заключается в том, что он позволяет математически описать пункт (3) предложенных критериев рациональности параметров трехслойной панели.

Иллюстрация к указанному положению приведена на рисунке 2, на котором изображен элементарный участок панели, подверженный чистому изгибу. Поскольку основным нагрузочным режимом для панели основания или крыши автобусного кузова является изгиб на пролете между боковинами, то для обеспечения требований пункта (3) указанных критериев необходимо, чтобы индекс жесткости материала среднего слоя был ниже, чем индекс жесткости материалов обшивок.

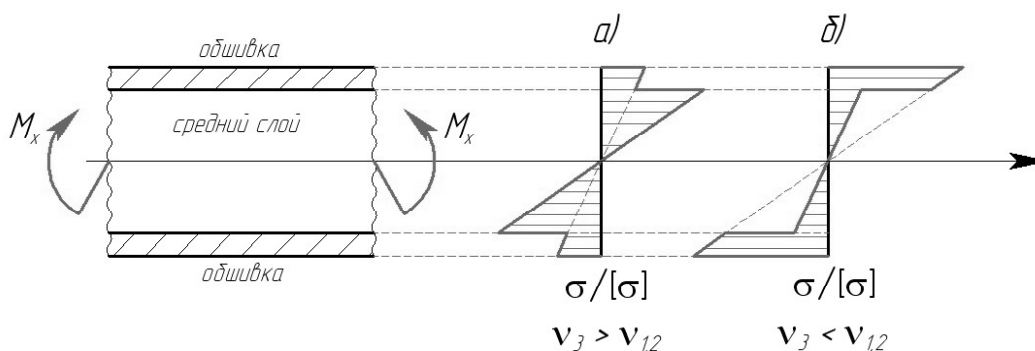


Рисунок 2 – Участок панели, подверженный чистому изгибу

2. Относительная плотность

$$\chi = \rho_1 / \rho_2, \quad (4)$$

где: ρ_1 – плотность базового материала; ρ_2 – плотность рассматриваемого материала (далее по тексту при рассмотрении безразмерных сравнительных коэффициентов свойств

материалов индекс «1» будет обозначать принадлежность к базовому материалу, т.е. материалу, взятому за базу для сравнения всех прочих материалов, а индекс «2» – к рассматриваемому материалу).

3. Относительная прочность

$$\gamma_{p,c,i} = [\sigma]_{p,c,i1}^* / [\sigma]_{p,c,i2}^* ; \quad (5.1)$$

$$\gamma_{сдв} = [\tau]_1 / [\tau]_2 , \quad (5.2)$$

где: $[\sigma]_{p,c,i}^*$ – приведенные допускаемые нормальные напряжения при растяжении, сжатии, изгибе; $[\tau]$ – допускаемые касательные напряжения (формулировка (5.1) используется при растяжении, сжатии, изгибе материала, формулировка (5.2) – при сдвиге).

4. Относительная жесткость

$$\beta_{p,c} = E_1^* / E_2^* ; \quad (6.1)$$

$$\beta_{сдв} = G_1 / G_2 , \quad (6.2)$$

где: E^* – приведенный модуль упругости 1-го рода материала; G – модуль упругости 2-го рода материала (формулировка (6.1) используется при растяжении/сжатии материала, формулировка (6.2) – при сдвиге).

5. Относительная стоимость

$$c = C_1 / C_2 , \quad (7)$$

где: C – удельная стоимость, или стоимость 1 кг материала.

6. Относительная адаптивность по толщине

$$\delta = \delta s_1 / \delta s_2 , \quad (8)$$

где: δs – средний шаг толщин стандартного (технологически получаемого) листа из материала в окрестности рационального решения.

Далее предлагаются формулы для безразмерных сравнительных коэффициентов эффективности материалов, полученные на основе рассмотрения элементарных силовых элементов в виде тонких листов единичной ширины. Данный подход оправдан ввиду того, что все конструктивные элементы трехслойной панели с «ребристым» средним слоем представляют собой тонколистовые конструкции.

Сравнительный коэффициент эффективности материала при выполнении некоторого условия определяется следующим образом:

$$K = M_1 / M_2 \text{ или} \quad (9.1)$$

$$K = C_1 / C_2 , \quad (9.2)$$

где: M_1 , C_1 и M_2 , C_2 – масса и стоимость конструкции из базового и рассматриваемого материала соответственно.

От выбранного условия сравнения зависит тип коэффициента эффективности. Таким условием может быть равная прочность конструкций (для коэффициента эффективности по прочности) или равная жесткость конструкций (для коэффициента эффективности по жесткости). В качестве основных рассматриваются коэффициенты, учитывающие массу конструкций. Для коэффициентов эффективности по прочности дан индекс «п», по жесткости – индекс «ж». Для аналогичных коэффициентов, учитывающих стоимость конструкций (только стоимость материалов), указывается индекс «с».

В соответствии с этим можно записать:

для растяжения (сжатия) материала:

$$K_{п} = \chi / \gamma ; \quad (10.1)$$

$$K_{ж} = \chi / \beta ; \quad (10.2)$$

для изгиба материала:

$$K_{п} = \chi / \sqrt{\gamma} ; \quad (11.1)$$

$$K_{ж} = \chi / \sqrt[3]{\beta} ; \quad (11.2)$$

для сдвига материала:

$$K_{\Pi} = \chi^* / \gamma^*; \quad (12.1)$$

$$K_{\text{ж}} = \chi^* / \beta^*; \quad (12.2)$$

для всех перечисленных нагрузочных режимов:

$$K_{\text{СП}} = c \cdot K_{\Pi}; \quad (13.1)$$

$$K_{\text{СЖ}} = c \cdot K_{\text{ж}}. \quad (13.2)$$

В формулах (12.1) и (12.2) знак «*» у безразмерных сравнительных коэффициентов свойств материалов означает, что данные коэффициенты вычислены по соответствующим расчетным формулам с использованием приведенных характеристик материала, которые получаются в результате приведения «ребристого» среднего слоя к условному сплошному.

Указанные приведенные характеристики материалов определяются:

$$\rho^* = \rho \cdot s_3 \cdot (2c_3 / h_3 + 1 / (t \cdot \sin \alpha)); \quad (14.1)$$

$$G^* = G \cdot s_3 / t; \quad (14.2)$$

$$[\tau]^* = [\tau] \cdot s_3 / t, \quad (14.3)$$

где: s_3 – толщина ребра среднего слоя (см. рисунок 3); $c_3 = (t_1 + t_2) / (2t)$ – средняя скважность полок ребра; t – шаг ребер среднего слоя; $t_{1,2}$ – ширина полки ребра со стороны верхней или нижней обшивки соответственно; h_3 – высота среднего слоя.

Безразмерные сравнительные коэффициенты эффективности материала, определяемые по зависимостям (10.1 – 13.2), показывают теоретически возможный выигрыш от введения нового материала без учета неизбежных отклонений размеров реальной конструкции от расчетных рациональных. Указанное отклонение возникает в результате наличия только некоторого определенного ряда толщин листов из рассматриваемого материала ввиду ограничений существующего технологического процесса изготовления листов или ввиду доступности только некоторого стандартного ряда толщин листов.

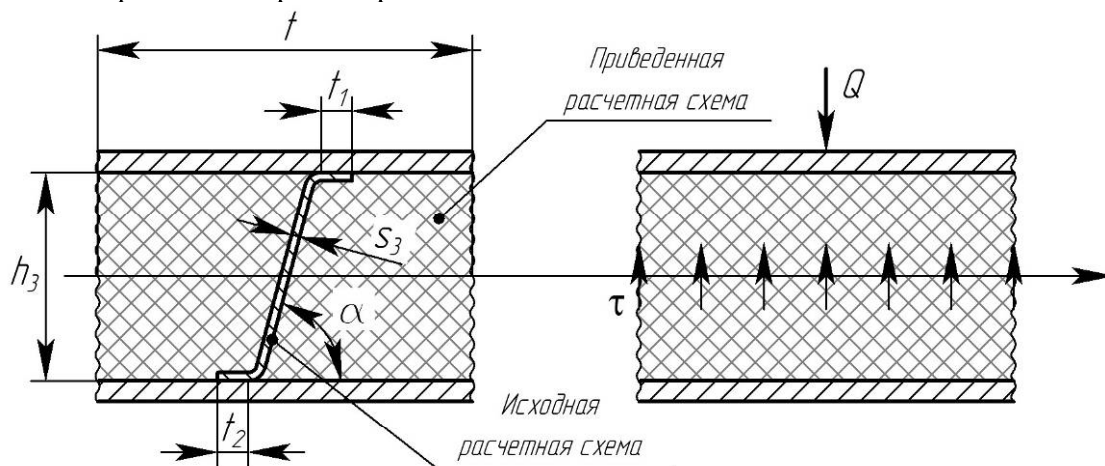


Рисунок 3 – Приведение ребристого среднего слоя к условному сплошному

Для того чтобы обеспечить возможность прогнозирования выигрыша от применения нового материала с учетом стандартного ряда толщин листов на ранних этапах проектирования конструкции, в данной работе предлагается безразмерный сравнительный коэффициент эффективности материалов по массе, который позволяет решать поставленную задачу. Предварительно рассмотрим некоторые вспомогательные коэффициенты.

1. Безразмерный сравнительный коэффициент эффективности материалов по шагу толщин:

$$K_{\text{шт}} = \delta M_1 / \delta M_2 = \chi \cdot \delta, \quad (15)$$

где: $\delta M = \rho \cdot \delta s$ – шаг по массе конструкции в виде тонкого листа при переходе между соседними значениями стандартной толщины листа.

2. Относительное отклонение массы конструкции:

$$m = \delta M / (2 \cdot M) = \delta s / (2 \cdot s), \quad (16)$$

где: s – предварительное целевое значение геометрического параметра по толщине листа.

Относительное отклонение массы конструкции есть безразмерная величина, которая показывает, какую долю собственной массы может составлять отклонение данной конструкции по массе от теоретического решения. Необходимо отметить, что такая формулировка не гарантирует жесткой зависимости, а носит вероятностный характер, подразумевая случай наибольшего возможного отклонения.

С учетом сказанного, сравним реальные конструкции из базового и рассматриваемого материалов, подразумевая, что для каждой из них реализовался худший случай с позиций отклонения от рациональной толщины листа.

$$M_{p1} = M_1 + \delta M_1 / 2; \quad (17.1)$$

$$M_{p2} = M_2 + \delta M_2 / 2, \quad (17.2)$$

где: M_{p1} , M_{p2} – масса реальной конструкции из базового материала и рассматриваемого материала с учетом отклонения геометрических размеров от рациональных значений вследствие дискретности толщин листов.

Сравнительный коэффициент эффективности материалов по массе равен:

$$K_M = \frac{M_{p1}}{M_{p2}} = \frac{M_1 + \delta M_1 / 2}{M_2 + \delta M_2 / 2} = \frac{1 + \delta M_1 / (2 \cdot M_1)}{M_2 / M_1 + \delta M_2 / (2 \cdot M_1)} \quad (\text{при выполнении заданного условия})$$

$$K_M = (1 + m_1) / (1 / K_{п(ж)} + m_1 / K_{шт}). \quad (18)$$

Здесь индекс «1» указывает на то, что относительное отклонение массы рассчитывается для базовой конструкции. Используемый безразмерный сравнительный коэффициент эффективности материала (по прочности или по жесткости) определяет тип безразмерного сравнительного коэффициента эффективности по массе материала. Коэффициент эффективности материала по массе дает более точную сравнительную характеристику базового и рассматриваемого материалов по сравнению с приведенными ранее коэффициентами, которые не учитывали технологические ограничения.

Рассмотрим конкретный пример. Необходимо оценить возможный выигрыш по массе при применении высокопрочной холоднокатаной стали вместо конструкционной низкоуглеродистой. Характеристики сравниваемых материалов приведены в табл. 1. Конструкция работает исключительно на прочность. Для низкоуглеродистой стали имеется разработанная и оптимизированная по своим геометрическим размерам конструкция трехслойной панели – известна толщина обшивок (конструктивного элемента панели).

Таблица 1

Характеристики сравниваемых материалов

Параметры	Базовый материал	Рассматриваемый материал
Марка материала	Сталь 08пс	Nitronic 30 (03X17Г9Н3С2АД)
$[\sigma]_p^*$, МПа	205,4	1246,5
ρ , кг/м ³	7846	7900
δs , мм	0,3	0,3
s , мм	1,8	не известно

1. Рассчитываем безразмерные сравнительные коэффициенты:

$$\gamma_p = \frac{205,4}{1246,5} = 0,165; \quad \chi = \frac{7846}{7900} = 0,993; \quad \delta = \frac{0,3}{0,3} = 1; \quad m_1 = \frac{0,3}{2 \cdot 1,8} = 0,0833.$$

2. Рассчитываем безразмерные коэффициенты эффективности:

$$K_{п} = \chi / \gamma = 0,993 / 0,165 = 6,018; \quad K_{шт} = \chi \cdot \delta = 0,993 \cdot 1 = 0,993;$$

$$K_M = \frac{1 + m_1}{1 / K_{п} + m_1 / K_{шт}} = \frac{1 + 0,0833}{1 / 6,018 + 0,0833 / 0,993} = \frac{1,0833}{0,166 + 0,0839} = 4,335.$$

Из приведенного расчета видно, что теоретически конструкция из рассматриваемой высокопрочной стали может быть в 6,018 раз легче, чем конструкция из базовой малоуглеродистой стали. На практике (вследствие дискретности имеющихся толщин листов) выигрыш может составить 4,335 раза.

В случае если необходимо провести сравнение по стоимости с учетом дискретности толщин листов, то используется формула, аналогичная приведенным ранее (13.1-13.2):

$$K_{\text{см}} = c \cdot K_{\text{м}}. \quad (19)$$

Используя данные сравнительные коэффициенты, можно подобрать сочетание материалов для конструктивных элементов трехслойной панели, обеспечивающее высокую эффективность как с позиций механики работы панели, так и стоимости.

При этом предлагается следующая последовательность действий.

1. Составить базу данных рассматриваемых материалов, включающую механические и стоимостные характеристики материалов.
2. Для каждого конструктивного элемента трехслойной панели (верхняя обшивка / нижняя обшивка / средний слой) выбрать базовый материал, относительно которого будет производится сравнение.
3. Назначить предварительные геометрические размеры трехслойной панели из базового сочетания материалов путем проведения соответствующих расчетов или конструктивно, основываясь на практическом опыте (всегда лучше и проще, когда конструкция разрабатывается на основании уже имеющейся).
4. Рассчитать необходимые для дальнейших вычислений безразмерные сравнительные коэффициенты для каждого материала из базы данных.
5. Рассчитать безразмерные коэффициенты эффективности для интересующих нагрузочных ситуаций для каждого материала из базы данных. При этом следует учитывать, что:
 - для верхней обшивки трехслойной панели основания автобуса важными являются нагрузочные ситуации сжатия и изгиба;
 - для верхней обшивки трехслойной панели крыши автобуса важной является нагрузочная ситуация сжатия, в редких случаях изгиба;
 - для нижней обшивки трехслойной панели основания и крыши автобуса важной является нагрузочная ситуация растяжения;
 - для среднего слоя важной является нагрузочная ситуация сдвига.

При выборе коэффициентов эффективности следует придерживаться следующих рекомендаций:

- 5.1. Необходимо принимать во внимание значение индекса жесткости материала: для материалов с высоким значением этого индекса ограничивающим параметром будет являться прочность конструкции (это следует из определения индекса жесткости), поэтому для них в первую очередь рассматривать коэффициент эффективности по прочности; для материалов с низким значением индекса жесткости ограничивающим параметром будет являться жесткость конструкции (например, для панели основания автобуса), поэтому для них в первую очередь важен коэффициент эффективности по жесткости.
- 5.2. При выборе материала среднего слоя необходимо обеспечить, чтобы его индекс жесткости был ниже, чем индекс жесткости материалов обшивок, что обеспечит правильную механику работы всех элементов конструкции.
- 5.3. Предпочтительным является выбор коэффициентов эффективности с учетом массы материала, так как они дополнительно учитывают технологическое ограничение по толщинам листов.
- 5.4. В случае если первоочередной задачей является обеспечение низкой стоимости, а не низкой собственной массы трехслойной панели, необходимо рассматривать соответствующие описанным нагрузочным ситуациям коэффициенты эффективности по стоимости.
6. Отдельно для каждого конструктивного элемента трехслойной панели выбрать из базы

данных материал с наилучшим значением рассматриваемого коэффициента эффективности.

Предлагаемая методика гарантирует повышение показателей конструкции по сравнению с базовой только в том случае, если для всех конструктивных элементов были приняты материалы с лучшими значениями коэффициентов эффективности. Если для одних конструктивных элементов были приняты материалы с лучшими значениями коэффициентов эффективности, для других – с худшими, то в этом случае произвести сравнительную оценку эффективности можно будет только после определения геометрических размеров основных элементов трехслойной панели, когда станут известны массовые доли всех конструктивных элементов в общей массе панели, или же массовые доли отдельных конструктивных элементов могут назначаться на основании практического опыта проектирования подобных конструкций.

Итоговую оценку выбранной комбинации материалов для отдельных конструктивных элементов панели можно провести с использованием итогового безразмерного сравнительного коэффициента эффективности:

$$K = \frac{M_{1\Sigma}}{M_{2\Sigma}} = \frac{M_{11} + M_{12} + M_{13}}{M_{21} + M_{22} + M_{23}}, \quad (20.1)$$

$$K = \frac{C_{1\Sigma}}{C_{2\Sigma}} = \frac{C_{11} + C_{12} + C_{13}}{C_{21} + C_{22} + C_{23}}, \quad (20.2)$$

где: K – итоговый коэффициент эффективности конструкции по массе или стоимости при рассматриваемых условиях (равная прочность или жесткость) в зависимости от входящих в формулу коэффициентов; M_{Σ} – масса панели из базового или рассматриваемого сочетания материалов при оптимизированных геометрических размерах; C_{Σ} – стоимость панели из базового или рассматриваемого сочетания материалов при оптимизированных геометрических размерах; M_1, M_2, M_3 – масса верхней обшивки, нижней обшивки, среднего слоя соответственно; C_1, C_2, C_3 – стоимость верхней обшивки, нижней обшивки, среднего слоя соответственно (формула (20.1) подразумевает сравнение по массе, (20.2) – по стоимости).

$$M_{11} = K_1 \cdot M_{21}; \quad (21.1)$$

$$M_{12} = K_2 \cdot M_{22}; \quad (21.2)$$

$$M_{13} = K_3 \cdot M_{23}, \quad (21.3)$$

где: K_1, K_2, K_3 – сравнительные коэффициенты эффективности для верхней обшивки, нижней обшивки, среднего слоя соответственно (это могут быть коэффициенты K_{Π} , $K_{\text{ж}}$, или $K_{\text{м}}$); если K является коэффициентом эффективности по стоимости, то в него должны входить коэффициенты $K_{\text{СП}}$, $K_{\text{СЖ}}$, или $K_{\text{СМ}}$; все коэффициенты, входящие в формулы (21), должны быть однородны по своему физическому смыслу.

$$M_{21} = \lambda_1 \cdot M_{2\Sigma} \quad (22.1)$$

$$M_{22} = \lambda_2 \cdot M_{2\Sigma} \quad (22.2)$$

$$M_{23} = \lambda_3 \cdot M_{2\Sigma} \quad (22.3)$$

где: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – массовые доли соответствующих конструктивных элементов в общей массе панели из рассматриваемой комбинации материалов.

Тогда выражение (20.1) можно переписать следующим образом:

$$K = \frac{K_1 \cdot M_{21} + K_2 \cdot M_{22} + K_3 \cdot M_{23}}{M_{21} + M_{22} + M_{23}} = K_1 \cdot \lambda_1 + K_2 \cdot \lambda_2 + K_3 \cdot \lambda_3 \quad (23)$$

Для итогового коэффициента эффективности по стоимости форма записи будет такой же.

Физический смысл итогового коэффициента эффективности конструкции идентичен

физическому смыслу входящих в него коэффициентов за тем исключением, что он относится не к отдельному конструктивному элементу, а к трехслойной панели целиком.

Выводы

В работе предложена методика, включающая порядок действий и расчетные зависимости, которая гарантированно позволяет улучшать весовые или стоимостные характеристики несущей трехслойной панели основания или крыши автобусного кузова по сравнению с базовым вариантом. Также обеспечивается возможность итоговой проверки выбранной комбинации материалов на эффективность. Все предложенные сравнительные коэффициенты эффективности имеют количественный характер, что позволяет на ранних этапах проектирования прогнозировать изменение весовых или стоимостных характеристик конструкции при использовании новых материалов.

Литература

1. Воронков О.В., Песков В.И., Хорычев А.А. Новое в конструкции и проектировании автобусных кузовов. — Н. Новгород: НГТУ, 2009. — 186 с.
2. Лепешкин И.А., Ершов М.Ю. Перспективы применения сэндвич панелей из вспененного алюминия в автомобилестроении. [Текст] // Известия МГТУ "МАМИ". — Москва, 2010. — № 1(9) — с.136-147

Кинестатическое исследование подъемного механизма

к.т.н. доц. Гебель Е.С., Журсенбаев Б.И., Сарбасов А.Т.
БГОУ ВПО «ОмГТУ», ДГП «ИММ им. У.А. Джолдасбекова», Атырауский инженерно-гуманитарный институт
8-3812-65-21-76, Gebel_es@mail.ru

Аннотация. В статье разработан векторно-матричный метод определения движущей силы и сил реакции в кинематических парах многозвенного рычажного механизма с изменяемым замкнутым контуром, который позволяет получить аналитические выражения искомых параметров в явном виде. Проведено кинестатическое исследование синтезированного подъемного механизма, по результатам которого сделаны рекомендации по выбору гидроцилиндра.

Ключевые слова: подъемный механизм, кинестатический анализ, векторно-матричный метод.

Строительная отрасль современной промышленности развивается особенно бурно, что влечет за собой создание новых технологий, материалов и передовую технику. Внутренние малярные, штукатурные работы, отделка фасадов, монтаж систем вентиляции, отопления, газоснабжения выполняются на уровне выше человеческого роста и, следовательно, требуют использования вспомогательного строительного оборудования, которое представляет собой малярные помосты.

Современные помосты из современных материалов заводского производства позволяют регулировать уровень высоты подъема рабочей площадки, имеют небольшой вес и могут складываться до размеров обычной стремянки. Кроме того, устройства могут быть оборудованы выдвижными секциями, откидными площадками и дополнительными средствами увеличения опоры.

В работе [1] синтезирован многозвенный рычажный механизм подъемника с изменяемым замкнутым контуром (рисунок 1) по заданному закону движения выходного звена и определены его метрические параметры. В настоящей работе поставлена цель выполнить кинестатический анализ, т.е. определить движущую силу и силы реакций исследуемой схемы механизма, результаты которого в дальнейшем будут использоваться в расчетах на прочность элементов кинематических пар и звеньев механизма, жесткость, долговечность и т.д.

Статический расчет учитывает действие движущей силы, силы полезных и вредных сопротивлений, а также силы тяжести. Метод, используемый в работе, основан на принципе Даламбера, который применительно к рычажным механизмам без учета сил инерции можно