УДК 629.014.2

Буреш О.В., Токарева М.А., Чепасов В.И.
ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»
feu@mail.osu.ru;inf@unpk.osu.ru;ist@unpk.osu.ru

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МОБИЛЬНЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО И ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДОВ

На основе детерминированного и вероятностного подходов изложена методика расчета на прочность рамных металлоконструкций мобильных машин, состоящих из плоских элементов. Оценка напряженно-деформированного состояния основывается на положениях вариационного принципа Ритца и позволяет учитывать различные виды границы плоского элемента пространственной конструкции, ее характерные особенности. Методика реализована в программном комплексе «ПЛОСК», используя результаты которого, авторы предлагают алгоритм построения моделей перемещений и реакций с использованием корреляционного, факторного анализов.

Ключевые слова: конструкция, прочность рамных металлоконструкций, напряженно-деформированное состояние, вариационный принцип Ритца, программный комплекс «ПЛОСК», детерминированный и вероятностный подходы, модель.

Успешное функционирование предприятий транспортного машиностроения в настоящее время невозможно без проведения постоянной работы по разработке и внедрению конкурентоспособной продукции с показателями безотказности, долговечности, ремонтопригодности, материалоемкости и эксплуатационных свойств, по меньшей мере не уступающими показателям продукции ведущих мировых фирм.

Удовлетворение потребности общества в эффективном функционировании транспортных средств требует решения комплекса научно-технических задач, в частности использования наукоемких информационных технологий при производстве и восстановлении работоспособности несущих конструкций транспортных средств. Перспективным направлением повышения их надежности является автоматизация расчета с применением методов теории упругости и строительной механики машин и сооружений, позволяющая на стадии проектирования выбирать рациональные по критериям прочности и технологичности конструкции, что значительно сокращает сроки разработки и доводочных испытаний.

В зависимости от преследуемых целей испытаниям могут быть подвергнуты следующие объекты: несущие системы в составе машины; отдельные полнокомплектные несущие системы (рамы, надрамники самосвалов, основания грузовых платформ или кузовов и т. д.); отдельные замкнутые контуры несущих систем; открытые узловые соединения и отдельные элементы (лонжероны, поперечины, стойки и пр.) или их участки.

Испытания объектов из первых трех перечисленных групп чаще всего проводятся с целью сравнительной оценки долговечности конструктивных вариантов или индивидуальной оценки долговечности опытных конструкций. Испытания этих объектов с целью получения характеристик сопротивления усталости (ХСУ) нецелесообразны в силу следующих причин [1]:

– отсутствие необходимости в получении ХСУ объектов, долговечность которых лимитируют, как правило, отдельные элементы или их соединения;

– неточность в определении ХСУ отдельных элементов или соединений в составе несущей системы вследствие практической невозможности учета влияния на них других элементов и соединений;

– высокие энергоемкость, материалоемкость и стоимость испытаний.

Таким образом, объектами, предпочтительными при проведении доводочных испытаний или определении ХСУ опытных конструкций, являются узловые соединения или отдельные участки конструктивных элементов в зависимости от того, какая именно локальная область лимитирует долговечность всей несущей конструкции.

При ремонте несущих конструкций необходимо учитывать их состояние на момент ремонта, возможность замены элементов с учетом вариации таких параметров, как геометрические формы и размеры, свойства материала. При возможном изменении этих параметров конструкция, подвергшаяся ремонту, должна обладать достаточной, как правило, регламентируемой, безотказностью и долговечностью при минимальном объеме различных видов испытаний доработанных или модернизированных вариантов.

Авторами разработан метод [2], позволяющий оперативно оценить статические нагрузки, что позволяет выбрать из множества конструктивных вариантов узлов несущих систем приемлемый конструктивно-технологический вариант, удовлетворяющий требованиям прочности и материалоемкости.

В данной работе предлагается модификация метода Ритца [3], в которой удается избежать необходимости численного интегрирования, использующегося в методе конечных элементов, что позволяет уменьшить время расчета конструкции без потери точности.

При программной реализации решения систем конечно-разностных уравнений возникают трудности, связанные с большой размерностью матрицы системы. Но если матрица системы содержит в каждом уравнении большое число нулевых элементов (в практических задачах это встречается часто), то возможно, используя алгоритм упаковки системы, достаточно эффективно автоматизировать определение матрицы системы и ее решение.

Пространственные конструкции, состоящие из плоских элементов, могут быть расчленены на составляющие части с введением неизвестных силовых связей. В зависимости от расположения сил относительно плоского элемента последние могут быть следующих типов:

А – с силами, действующими в плоскости элемента;

Б – с силами, действующими перпендикулярно к плоскости элемента;

В – с силами, действующими как в плоскости элемента, так и перпендикулярно ему.

При решении задачи используется конечно-разностная схема, полученная из вариационного принципа Ритца. С этой целью элементы покрываются прямоугольными сетками таким образом, чтобы на стыках они совмещались. Силы могут быть приложены только в узловых точках сетки. Если неудобно совместить произвольную силу с узлом, ее следует разложить на две составляющие, приложенные в ближайших узлах.

К элементам типа А с силами, действующими вдоль срединной поверхности элемента, могут быть применены соотношения плоской задачи теории упругости.

В частности, могут быть применены способ Ритца и формула для удельной потенциальной энергии, имеющая следующий вид для объемной детали:

$$W = G\left(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_z^2 + \frac{\nu\Delta^2}{1-2\nu} + \frac{1}{2}\left(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2\right)\right), \quad (1)$$

где $\Delta = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$; ν – коэффициент Пуассона.

В случае плосконапряженной задачи условие $\sigma_{z=0}$ в формулах обобщенного закона Гука дает:

$$\varepsilon_Z = -\frac{\nu}{1-\nu}\left(\varepsilon_X + \varepsilon_Y\right).$$

Подставляя значения в формулу для удельной потенциальной энергии и полагая, что $\gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$, получаем:

$$W = G\left(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \frac{\nu}{1-\nu}\left(\varepsilon_x + \varepsilon_y\right)^2 + \frac{1}{2}\gamma^2{}_{xy}\right) \quad (2)$$

Очевидно, что полная потенциальная энергия в некотором объеме V при постоянном значении напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ в нем равна $W_n = WV$.

В случае плоскодеформированного состояния в знаменателе третьего члена вместо $1-\nu$ должно быть $1-2\nu$.

Принимая систему координат как на рисунке 1, запишем относительные деформации:

для участка KI

$$\varepsilon_x = \frac{\partial U}{\partial x} = \frac{U_x - U_k}{\lambda_i};$$

для участка QK

$$\varepsilon_y = \frac{\partial V}{\partial y} = \frac{V_q - V_k}{s_i};$$

для участка QKI

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial y} = \frac{U_q - U_k}{s_i} + \frac{V_i - V_k}{\lambda_i},$$

где U и V – соответственно перемещения вдоль осей Ox и Oy.

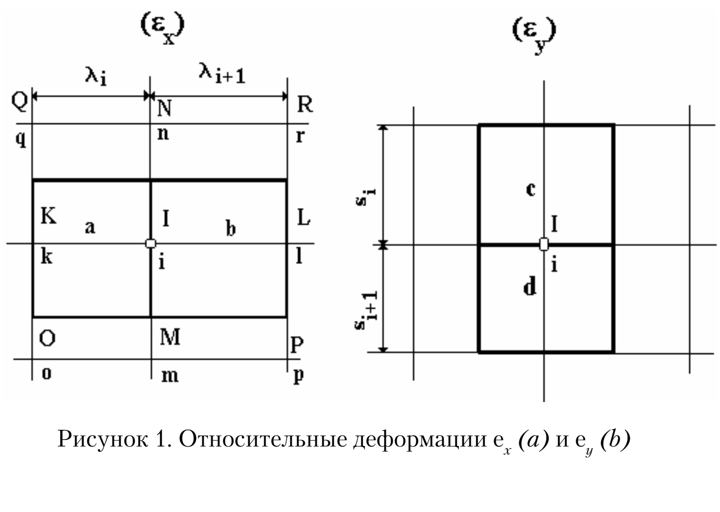

Рисунок 1. Относительные деформации e_x *(a)* и e_y *(b)*

Полную потенциальную энергию системы W_n, разделенной прямоугольной сеткой на ряд элементов и содержащей n точек, можно записать как функцию от *2n* неизвестных перемещений:

$$W_n = f(X_1, X_2, X_3, X_4, ..., X_{2n-1}, X_{2n}).$$

Задача состоит в том, чтобы с достаточным приближением определить значения неизвестных $X_1, ..., X_{2n}$. Метод Ритца дает для этого условия минимума потенциальной энергии:

$$\frac{\partial W_n}{\partial X_1} = \frac{\partial W_n}{\partial X_2} = ... = \frac{\partial W_n}{\partial X_i} = ... = \frac{\partial W_n}{\partial X_n} = 0$$

Можно убедиться, что для производных $\partial W_n / \partial X_i$ и $\partial W_i / \partial X_{i-1}$ останутся лишь неизвестные, расположенные не дальше одного шага от точки *i*, то есть только неизвестные перемещения точек, обозначенных на рисунке 1. Поэтому запишем значения потенциальной энергии только для четырех участков, содержащих точку i. На рисунке 2 показана схема областей, определяющих значения относительных деформаций $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ и γ_{xy}, а также 12 областей, в каждой из которых значения ε_x и ε_y не меняются.

Записав значения всех четырех слагаемых потенциальной энергии и взяв производные по X_I и X_i, получаем 2 уравнения из общей системы, состоящей из *2n* уравнений.

Уравнения записываются следующим образом :

$$A_Q X_Q + A_N X_N + ... + A_P X_P + \\ + A_q X_q + ... + A_p X_p = \frac{P_I}{2G}; \quad (3)$$

и $$B_Q X_Q + ... + B_P X_P + B_q X_q + ... + B_p X_p = \frac{P_i}{2G}; \quad (4)$$

где P_I и P_i – горизонтальная и вертикальная силы, приложенные в точке *i*, которые положительны, если направлены соответственно по осям *Ox* и *Oy*;

G – модуль сдвига, равный $E/2/(1+\nu)$, где E – модуль упругости 1-го рода,

ν – коэффициент Пуассона.

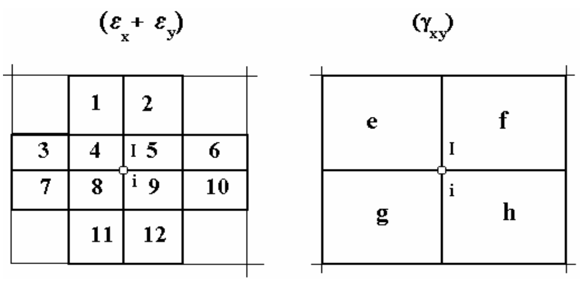

Рисунок 2. Схема областей, определяющих значение относительных деформаций

Коэффициенты A и B в уравнениях (3), (4) определяются на основании весовых коэффициентов, часть из которых записана в информационные файлы задачи, а часть определяется программно для областей А и Б. Информация о зависимости величины весовых коэффициентов от различных граничных точек, т.е. различных конфигураций границы, заимствована из разработок Института проблем прочности АН Украины.

Для точки O, лежащей в центре элемента типа А (рисунок 3):

– относительные смещения

$$\varepsilon_x = \frac{X_B - X_A + X_D - X_C}{2\lambda_i};$$

$$\varepsilon_y = \frac{X_a - X_c + X_b - X_d}{2s_i} s; \quad (5)$$

$$\tau_{xy} = \frac{1}{2}\left(\frac{X_A - X_C + X_B - X_D}{s_i} + \frac{X_b - X_a + X_d - X_c}{\lambda_i}\right)$$

– напряжения по осям Ox и Oy

$$\sigma_x = E\frac{\varepsilon_x - \nu\varepsilon_y}{1-\nu^2}; \quad \sigma_y = E\frac{\varepsilon_y - \nu\varepsilon_x}{1-\nu^2};$$

$$\tau_{xy} = \frac{E}{2(1-\nu)}\gamma_{xy}, \quad (6)$$

– главные напряжения

$$\sigma_{1,2} = \frac{1}{2}\left((\sigma_x + \sigma_y) \pm \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 - 4\tau_{xy}^2}\right), \quad (7)$$

где σ_1 является большим, а σ_2 – меньшим по абсолютному значению.

Касательные напряжения равны

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}.$$

Приведенные напряжения подсчитываются по формуле IV-и теории прочности:

$$\sigma_{пр} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2}.$$

Угол наклона главной площадки α_1 получается из зависимости:

$$tg2\alpha_1 = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}.$$

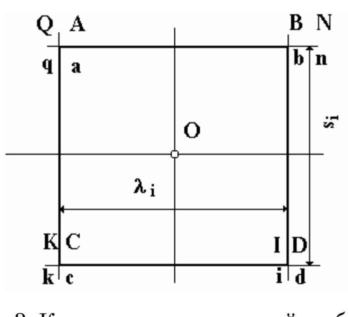

Рисунок 3. К подсчету напряжений в области А

Положительный угол α_1 откладывается от положительного направления оси Ox по часовой стрелке.

Для элементов типа Б напряжения определяются по формулам для пластин (рисунок 4).

Обычно для решения задачи о напряженно-деформированном состоянии пространственных систем с учетом их плоской деформации и изгиба составные части конструкции покрываются сеткой регулярной структуры. Однако при решении некоторых задач удобнее иметь сетку нерегулярной структуры, так как это облегчает определение напряжений в местах их концентрации. Применение нерегулярной сетки усложняет решение задачи, поэтому для составных элементов конструкции, несущих нагрузку в своей плоскости, принимается нерегулярная сетка, а для изгибаемых элементов – регулярная.

На рисунке 5 представлен один из элементов конструкции в плосконапряженном состоянии с нанесенной нерегулярной сеткой. По краям приложены неизвестные реакции связей R_1, R_2 и т. д., которые учитываются в уравнениях (3) и (4) введением дополнительных членов типа $-R_1/2GB$, где B – толщина элемента. Недостающие уравнения получаются из условия совместности.

Если имеется связь основное уравнение заменяется уравнением типа $x_j = 0$. В случае решения смешанных задач, записывается условие $x_j = D$, где D – вынужденное смещение точки.

Ввиду того, что напряжения не всегда могут быть получены на краю исследуемой детали, что обычно требуется для оценки ее прочности, необходимо произвести экстраполирование напряжений внутренних точек к наружным. Экстраполяция может быть произведена как линейно (по двум точкам), так и при помощи параболы (по трем точкам), что будет точнее. В этих случаях сетку вблизи интересующей нас поверхности следует предусмотреть достаточно густой.

Изложенная методика расчета на прочность воплощена в программном комплексе «Плоск», который реализует:

1) алгоритм для автоматизации составления системы, учитывающий различную конфигурацию границ;

2) получение значений напряжений, главных напряжений, а также значения углов наклона и приведенных напряжений в удобной для пользователя форме;

3) алгоритм упаковки и алгоритм решения системы в упакованном виде методом Гаусса с выбором главного элемента;

4) алгоритм организации программных контрольных точек, что позволяет производить перерывы в решении и возобновлять решение с того места, где произошла остановка;

5) алгоритм по учету ввода дополнительных уравнений или замены уже сформированных, к которым относятся уравнения опирания или вынужденных перемещений и уравнения совместности;

6) возможность коррекции весовых коэффициентов, позволяющую вводить в уже сформированные уравнения дополнительные члены с новыми неизвестными, что может иметь место при вводе связей на стыках или при вводе связей опирания;

7) алгоритм выборочного расчета реакций в интересующих исследователя точках;

8) возможность ввода до трех групп свободных членов, соответствующих трем видам нагружения одной и той же конструкции, что позволяет в одном задании посчитать напряжения, перемещения и реакции для указанных вариантов нагружения.

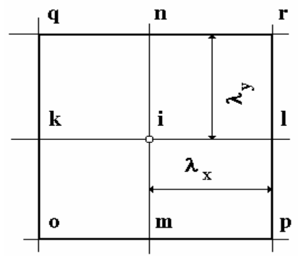

Рисунок 4. К подсчету напряжений в области Б

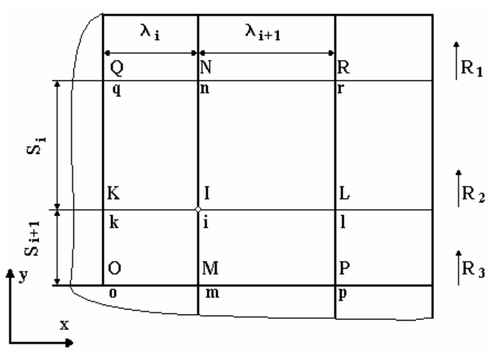

Рисунок 5. Нерегулярная сетка для плоской задачи

Таблица 1. Экспериментальные и расчетные данные

№ датчика	№ точек на схеме	σ_{max}, МПа	
		данные тензометрирования	расчетные значения
1 – 4	1500, 1555	118,3	124
5 – 8	1905, 1915	137	151

Для возможности составления уравнений предусматриваются шифры (коды), которые заносятся в исходных данных. Этим кодам ставятся в соответствие значения весовых коэффициентов, которые характеризуют окружение рассматриваемой точки. Для области А в программном комплексе «Плоск» закодировано 78 видов граничных точек и 333 вида границ для области Б. Предлагаемые алгоритмы реализованы на алгоритмическом языке FORTRAN-77 для IBM PC, удобный пользовательский интерфейс для ввода исходных данных – с применением СУБД FoxPro.

Обоснованность и достоверность предлагаемой методики подтверждается корректным использованием аналитического аппарата исследования и адекватностью расчетных результатов экспериментальным данным, полученным при стендовых испытаниях локальных моделей рам тракторных полуприцепов в типовых эксплуатационных режимах.

В качестве локальных моделей при испытаниях принимают участки натурных рам, содержащие узел соединения участков лонжерона и поперечины с сохранением геометрических размеров поперечных сечений элементов рамы и технологии их соединения.

С использованием программного комплекса «Плоск» произведен расчет на прочность узла рамы большегрузного тракторного самосвального полуприцепа ОЗТП-9554, имеющего широкий диапазон условий эксплуатации и способного представлять другие машины транспортного назначения. Расчетная схема приведена на рисунке 6.

Примеры сравнения экспериментальных данных с расчетными в точках расположения тензодатчиков приведены в таблице 1. Результаты расчетов несколько превышают экспериментальные, в среднем на 8-10%, в запас прочности.

Полученные результаты, использующиеся при изготовлении элементов рамных конструкций автотракторных прицепов, имеют перспективное значение и могут быть использованы для решения ряда других задач, в частности для расчета кузовов автобусов при их проектировании и ремонте.

Внедрение программного комплекса «Плоск» на Орском заводе тракторных прицепов (ОЗТП «Сармат») позволило сократить сроки НИОКР по созданию новых конструкций несущих систем, продолжительность доводочных испытаний, снизить трудоемкость и энергоемкость испытаний, материалоемкость изделий.

С учетом универсальности разработанной методики результаты работы рекомендуются для использования предприятиями, научными и проектными организациями, занимающимися проектированием, исследованиями и эксплуатацией конструкций различного функционального назначения, состоящих из плоских элементов. Использование результатов возможно в следующих основных направлениях:

– исследование на статическую прочность указанных конструкций при различных видах нагружения;

– доводка новых и модифицированных конструкций и отработка технологий их производства и ремонта;

– создание банка данных о напряженно-деформированном состоянии различных вариантов узлов типовых конструкций.

Как известно, несущие конструкции мобильных машин в процессе эксплуатации подвергаются значительным динамическим нагрузкам, и исследованию этого процесса, созда-

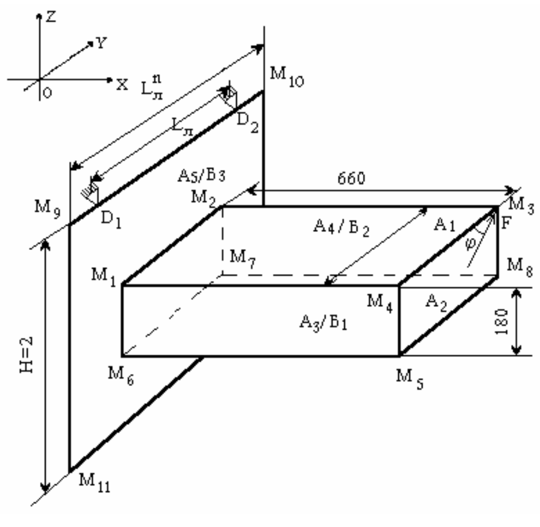

Рисунок 6. Расчетная схема локальной модели тракторного полуприцепа ОЗТП-9554

нию его математической модели посвящены многолетние трудоемкие работы коллективов ученых и многих авторов. Необходимость аналитических расчетов динамики несущих конструкций мобильных машин очевидна, так как во время стендовых испытаний, проводимых на заводах при проектировании и создании первых образцов, невозможно полностью определить их эксплуатационные свойства, проявляющиеся в различных условиях работы. Поэтому приходится проводить длительные натурные испытания опытных образцов автомобиля для выявления и устранения недостатков конструкции, что приводит к существенному увеличению сроков создания нового автомобиля. Сроки доводочных испытаний и работ сократятся, если эксплуатационные свойства проектируемого транспортного средства определять аналитически, начиная со стадии эскизного проектирования. Аналитические расчеты могут быть полезны и в дальнейшем при неизбежных доводочных работах, при ремонте, связанном с модернизацией конструкции. Прежде чем вносить какие-либо изменения в конструкцию, можно предварительно аналитически просчитать различные варианты проектируемых изменений и затем осуществить в металле только наилучшие, выявленные расчетом.

Используя результаты, полученные при применении программного комплекса «Плоск», авторами предлагается методика и ее программная реализация для построения моделей перемещений и реакций с использованием корреляционного, факторного анализов. Для построения нормализованной динамической матрицы исследования нормально распределенной случайной величины мы использовали следующее интегральное соотношение:

$$F=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma_{x_b}}\int_{-\infty}^{x} e^{\frac{-(\xi-\overline{x}_b)^2}{2\sigma_{x_b}^2}}\,d\xi \qquad (8)$$

где F – значение функции распределения, $F\in[0,1]$,

$\overline{x}_b$ – выборочное среднее случайной величины X,

σ_{x_b} – выборочное среднее квадратическое отклонение случайной величины X.

Выборочное среднее определяется следующим образом:

$$\overline{x}_b=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_i}{n},$$

где n – объем выборки, выборочное среднее квадратическое отклонение есть

$$\sigma_{x_b}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x}_b)^2}{n-1}}.$$

Задавая значение функции распределения нормально распределенной случайной величины F, мы согласно (8) можем определить квантиль распределения, значение нормально распределенной случайной величины X или верхний предел интегрирования. Для этого определим значение F как площадь фигуры, ограниченной графиком плотности нормального распределения

$$p=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma_b}e^{\frac{-(x-\overline{x}_b)^2}{2\sigma_b^2}}.$$

Вся вероятность лежит в окрестности $3\sigma_b$ от среднего. Поэтому (8) будем вычислять

$$F\approx\frac{1}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma_b}\int_{\overline{x}_b-3\sigma_b}^{x} e^{-\frac{(\xi-\overline{x}_b)}{2\sigma b}}\,d\xi \qquad (9)$$

При известном F по формуле (9) можно найти X. Для этого вычисляем интеграл в (9) любым численным методом.

Поскольку значения функции распределения F равномерно распределены на отрезке [0,1], то для их генерации будем использовать генератор псевдослучайных равномерно распределенных чисел на отрезке [0,1].

В предлагаемой методике важно определить связь между пространством исходных значений и пространством нормализованных значений. Пусть исходная динамическая матрица исследования $A=>n*m$ (n – количество строк, m – количество столбцов). Соответствующая ей нормализованная матрица исследования $B=>m*m$. Предположим, что $A=C*B$, где $C=>n*m$ – матрица перехода между исходной динамической матрицей исследования и нормализованной матрицей исследования. Зная A и B, легко найти C. Умножим первую строку матрицы C на столбцы матрицы B. Очевидно, получим следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$
\begin{cases}
C_{11} * b_{11} + C_{12} * b_{21} ..... + C_{1m} * b_{m1} = a_{11} \\
C_{11} * b_{12} + C_{12} * b_{22} ..... + C_{1m} * b_{m2} = a_{12} \\
.... \\
C_{11} * b_{1m} + C_{12} * b_{2m} ..... + C_{1m} * b_{mm} = a_{1m}
\end{cases}
$$

Решая эту систему, найдем элементы матрицы перехода *C*. Затем по нормализованной матрице *B* находим исходную динамическую матрицу исследования *A*, на которой можно построить регрессионные модели для перемещений и реакций на множестве внешних нагрузок.

Такой подход с переходом в пространство нормализованных значений связан с тем, что генерация матрицы *B* идет гораздо быстрее, чем построение путем просчетов матрицы *A*.

Предлагаемая статистическая методика и ее программная реализация была применена авторами для определения обусловленности размеров элементов цепной передачи в цепи ПР-15.875. По заданным номинальным значениям размеров и их отклонениям при условии нормальности их распределения была построена матрица исследования, параметрами-столбцами которой являлись основные технические характеристики с нормальными распределениями своих значений, наблюдениями – строки генерации.

Дальнейшая работа авторов в этом направлении планируется в проведении расчетов динамических характеристик более сложных несущих конструкций и проверке адекватности построенных моделей экспериментальным данным.

Список использованной литературы:

1. Рассоха В.И., Щурин К.В. Оценка характеристик сопротивления усталости сварных рам мобильных машин на основе метода локального моделирования // Контроль. Диагностика. 1999. №11. - С. 32-35.
2. Токарева М.А. Обеспечение работоспособности транспортных средств путем уточнения метода расчета несущих конструкций при их проектировании и ремонте / Автореферат дис. ... канд. тех. наук: 30.12.98. Оренбург: ОГУ, 1998.
3. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике. - М.: Гостехиздат, 1957.

Buresh O.V., Tokareva M.A., Chepasov V.I.

CALCULATION OF STRENGTHENING CHARACTERISTICS OF BEARING STRUCTURES OF MOBILE MACHINES ON THE BASE OF DETERMINATE AND PROBABILISTIC APPROACHES

The methodic of soundness calculation of frame-type fabricated metals of mobile machines consisted of flat elements is given on the base of determinate and probabilistic approaches. The appraisal of deflected mode is based on the position of variation Pits's principal and allows accounting different types of borders of a flat element of space frame and its typical peculiarities. The methodic is realized in the program complex «PLOSK» using the results of which the authors suggest algorithm of construction of transference and reaction models with using correlated and factorial analysis.

Key words: construction, soundness of frame-type fabricated metals, deflected mode, variation Pits's principal, program complex «PLOSK», determinate and probabilistic approaches, model.

Сведения об авторах:

Буреш Ольга Викторовна, доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов и моделей в экономике Оренбургского государтсвенного университета, профессор, 460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, к. 6309А, тел.: (3532) 372440, e-mail: feu@mail.osu.ru

Токарева Марина Афанасьевна, кандидат технических наук, зав. кафедрой информатики Оренбургского государтсвенного университета, доцент, 460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, к. 2236, тел.: (3532) 646709, 372537, e-mail: inf@unpk.osu.ru

Чепасов Валерий Иванович, зав. кафедрой информационных систем и технологий Оренбургского государтсвенного университета, профессор, 460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, к. 14322, тел.: (3532) 646225, e-mail: ist@unpk.osu.ru