

Метод определения характеристик общего напряженно-деформированного состояния силовых элементов основной стойки шасси вертолета транспортной категории В

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Представлен метод итерационного определения характеристик общего напряженно-деформированного состояния силовых элементов основной стойки шасси вертолета транспортной категории В с помощью интегрированных систем CAD/CAM/CAE.

Ключевые слова: шасси, амортизатор, конечно-элементная модель, сила, напряжение, деформация.

Основным методом, применяемым для определения характеристик общего напряженно-деформированного состояния (НДС), является метод конечных элементов, реализованный в компьютерных системах инженерного анализа, например, в системе ANSYS. С помощью этой системы с высокой степенью точности определяются характеристики общего НДС элементов конструкции при упругом и упругопластическом деформировании [1 - 5].

Целью данной работы является разработка метода определения характеристик общего напряженно-деформированного состояния силовых элементов основной стойки шасси вертолета.

Метод получения характеристик общего НДС в силовых элементах стойки шасси включает в себя:

1. Разработку исходных данных для определения характеристик общего НДС (общий вид вертолета, конструктивно - силовая схема фюзеляжа вертолета, взлетная масса m , диапазон центровок $I_{ц.м.}$, база шасси b , колея c , радиусы моментов инерции фюзеляжа i_z, i_x).
2. Разработку конструктивно-силовой схемы шасси с учетом конструктивно-силовой компоновки фюзеляжа вертолета. Определение нагрузок на шасси согласно АП-29.
3. Выбор типа и диаметра колеса из условий обеспечения максимальной стояночной нагрузки и данных каталога авиационных колес.
4. Определение основных геометрических параметров амортизатора.
5. Определение расчетных нагрузок, действующих на основную стойку шасси и ее элементы.
6. Выбор материалов для силовых элементов шасси.
7. Определение геометрических параметров силовых элементов конструкции с помощью аналитических методов, обеспечивающих восприятие разрушающей нагрузки.
8. Разработка модели распределения пространства шасси. Создание параметрической модели стойки шасси.
9. Разработка конечно - элементной модели для получения характеристик общего напряженно-деформированного состояния. Расчет характеристик общего НДС в силовых элементах стойки шасси. Определение запасов прочности и уточнение геометрических параметров силовых элементов шасси.
10. Анализ характеристик общего НДС.

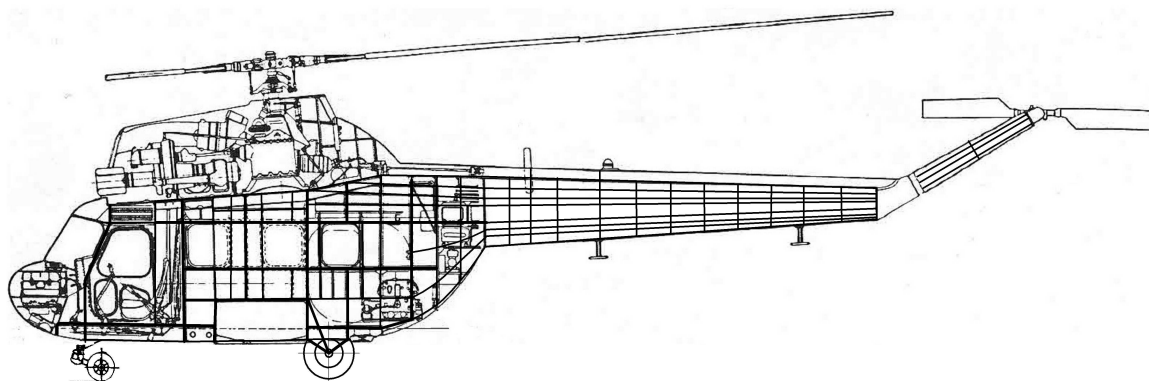


Рис. 1. Компоновочная схема фюзеляжа вертолета

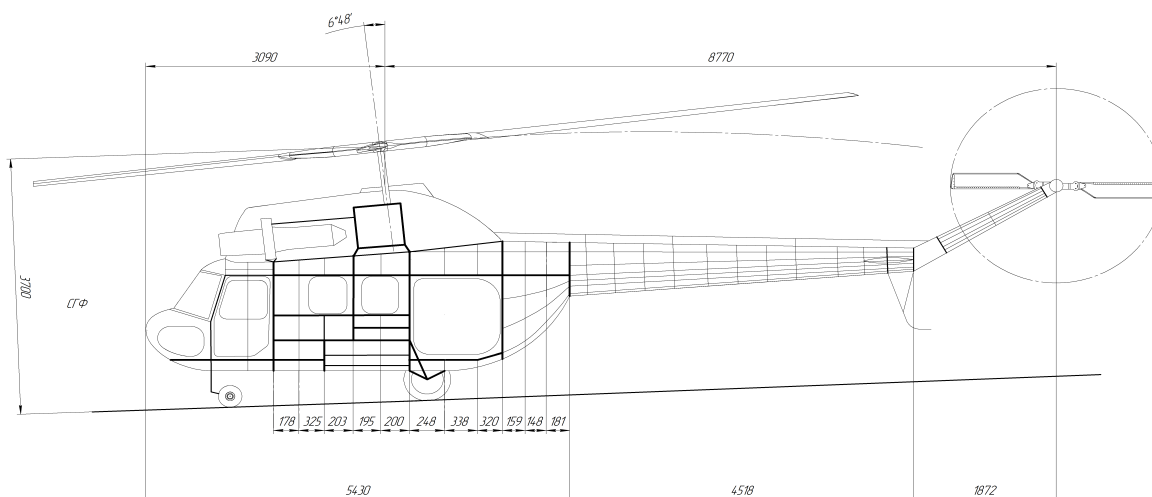


Рис. 2. Конструктивно-силовая схема вертолета

Рассмотрим реализацию данного метода на примере вертолета Ми-2 [1] (рис. 1 и 2) со следующими исходными данными: взлетная масса $m=3550$ кг, база шасси $b=2.63$ м, колея $c=3.05$ м, диапазон центровок $l=10$ мм позади оси вращения винта, радиусы моментов инерции фюзеляжа $i_z=1.98$ м, $i_x=1,18$ м.

Основная стойка шасси имеет пирамидальный вид (рис.3). Она состоит из рамы стойки шасси А, амортизатора В, траверс опорной фермы С и D, стержня F, колеса, тормоза колеса.

Рама ноги имеет V - образную форму и сварена из двух труб. Трубы рамы также являются баллонами для сжатого воздуха (рис. 3,а).

Амортизатор – однокамерный с демпфером. Наличие двух штоков разного диаметра позволяет получить ступенчатую характеристику обжатия амортизатора, Вследствие этого снижается усилие страгивания малого штока, улучшается амортизация и увеличиваются запасы демпфирования по земному резонансу.

Траверсы опорной фермы – трубы, выполненные из стали, состыкованные между собой болтовыми соединениями.

Стержень выполнен из стальной трубы, крепления которой выполнены в виде сферических подшипников.

В соответствии с исходными данными определяют массу вертолета, шасси в нулевом приближении, оптимизируют основные параметры, разрабатывают компоновку и чертёж общего вида. Они служат основой для создания параметрической модели мастер–геометрии шасси вертолета с помощью компьютерных систем CAD/CAM/CAE.

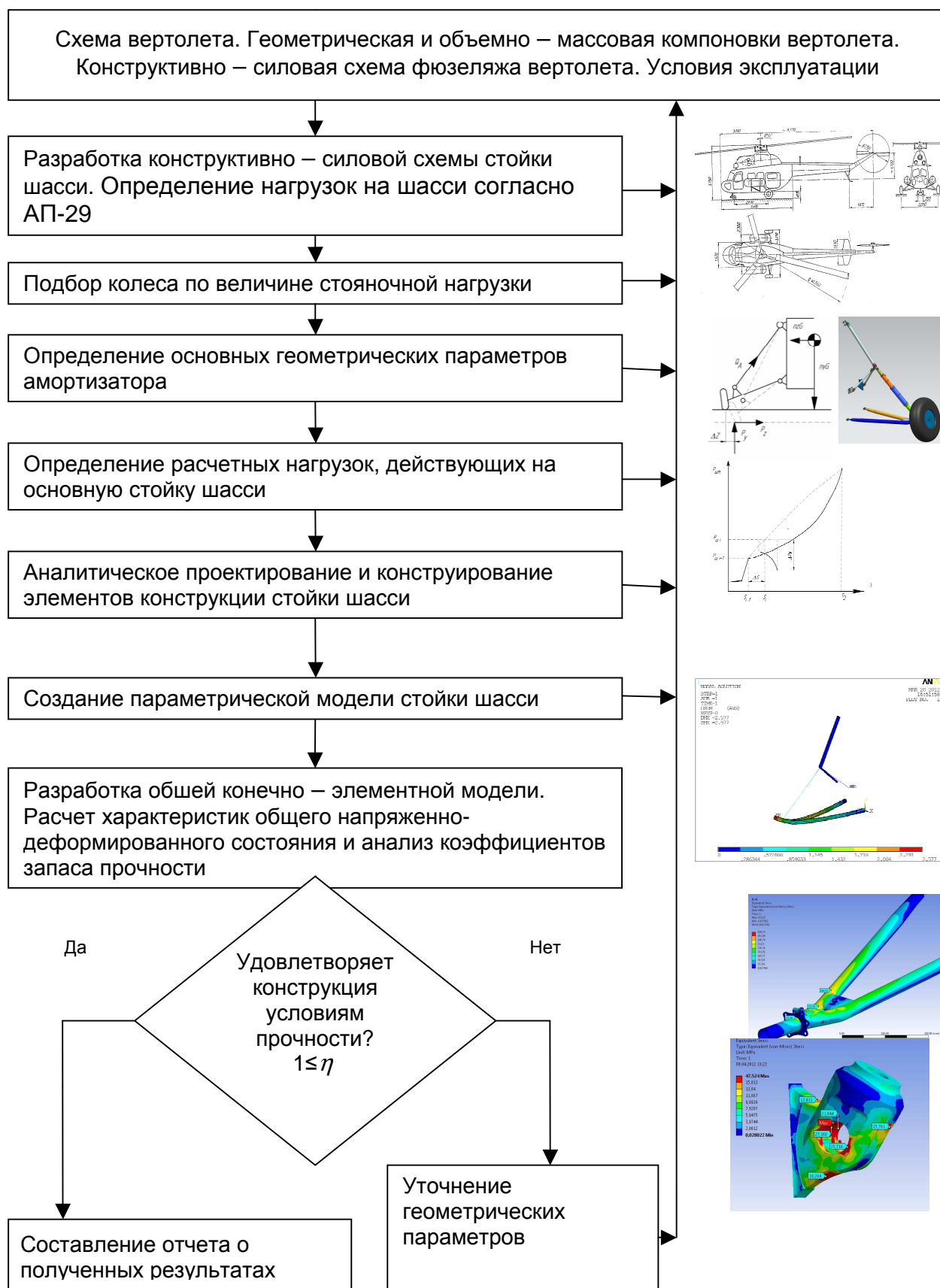
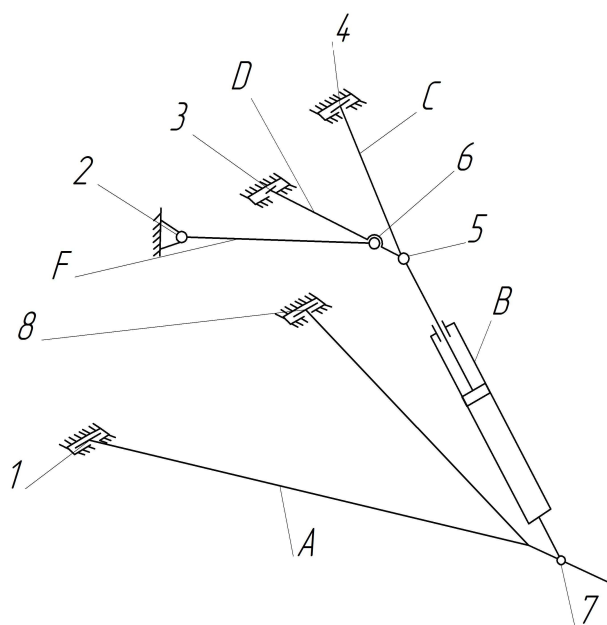


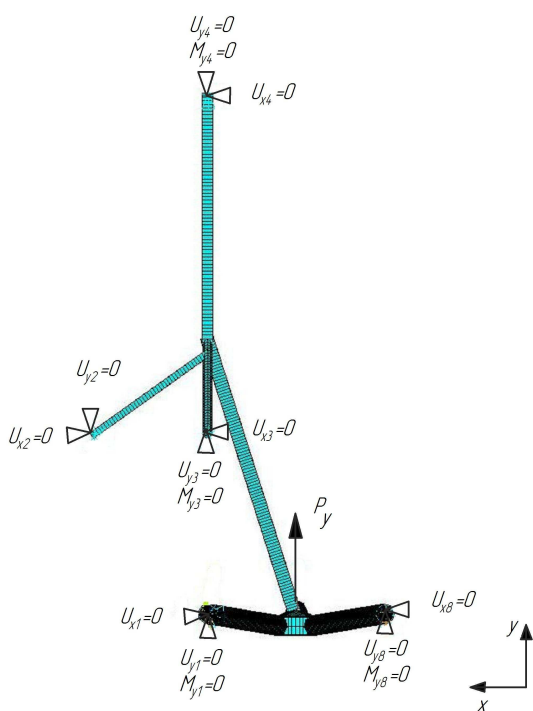
Рис. 3. Схема метода определения характеристик общего напряженно-деформированного состояния силовых элементов основной стойки шасси



а



б



в

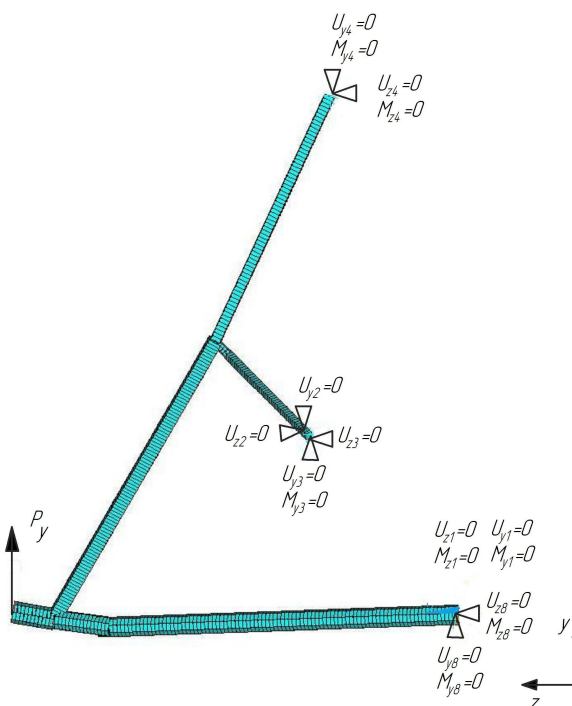


Рис. 3. Стойки шасси вертолета: а – увязка конструктивно – силовых схем стойки шасси и фюзеляжа; б – кинематическая схема и обозначение элементов стойки шасси; в – расчетная схема

В общем случае на вертолет при посадке действуют следующие внешние силы (рис. 3): T – подъемная сила несущего винта (НВ); G_0 – сила веса вертолета; $Y_{уп}$ – уравновешивающая аэродинамическая сила на рулевом винте; P_y – реакция стоек шасси.

При определении расчётных разрушающих нагрузок, действующих на шасси, необходимо эксплуатационные нагрузки рассматривать с учетом коэффициента безопасности f , регламентируемого АП. Согласно АП-29 максимальная эксплуатационная перегрузка достигается при сбросе вертолета с высоты $H_{\text{вер}} = 0,203$ м, а располагаемая – с высоты $H_{\text{вер}} = 0,304$ м. В общем случае энергия, которую должна поглотить стойка, определяется выражением

$$A^3 = \frac{1}{2} m_{\text{ред}} V_y^2 + \beta m_{\text{ред}} H_{\text{ам}}, \quad [2]$$

где $m_{\text{ред}}$ – редуцированная масса, приходящая на стойку шасси;

$$m_{\text{ред}} = \frac{m}{1 + \frac{b^2}{i_z^2} + \frac{c^2}{i_x^2}}; \quad [2]$$

V_y – вертикальная скорость снижения вертолета;

$$V_y = 2gH_{\text{вер}},$$

β – коэффициент неуравновешенности посадочной массы подъемной силой несущего винта;

$H_{\text{ам}}$ – величина обжатия амортизации.

Подбор колес проводят в соответствии с расчетными рулежной и взлетной массами вертолета. Поэтому значения $P_{\text{к.см}}^o$ и $P_{\text{к.см}}^n$ должны определяться как для рулежной, так и для взлетной массы вертолета. Основное колесо подбирают так, чтобы стояночная нагрузка, вычисленная по взлетной массе, были равны значениям соответствующих величин, указанных в каталоге, или меньше их.

Основные параметры амортизатора определяют по имеющимся статистическим данным. Для корректировки выбранных параметров амортизатора решаем уравнения [2], используя уравнение баланса энергии вертолета в момент времени, соответствующий обжатию штока S_i :

$$A_i = A + A_{\text{ц.м.}} - A_k - A_{\text{ам}},$$

где A_i – избыток непоглощенной энергии;

A – запас кинетической энергии вертолета;

$A_{\text{ц.м.}}$ – работа аэродинамических сил и сил тяжести на перемещении центра масс;

A_k – работа деформации пневматика;

$A_{\text{ам}}$ – энергия, поглощенная амортизатором.

Полученная диаграмма показана на рис. 4. Корректируя исходные данные параметров амортизатора, определяют площади проходных отверстий, давления газа, площади поршня.

Расчетные нагрузки, действующие на основную стойку шасси, находят из полученной диаграммы обжатия стойки амортизатора и колеса.

После определения расчетных нагрузок для всех рассматриваемых случаев нагружения проводят аналитический проектировочный расчёт силовых элементов стойки шасси вертолета, в результате которого выбирают геометрические параметры конструктивных элементов.

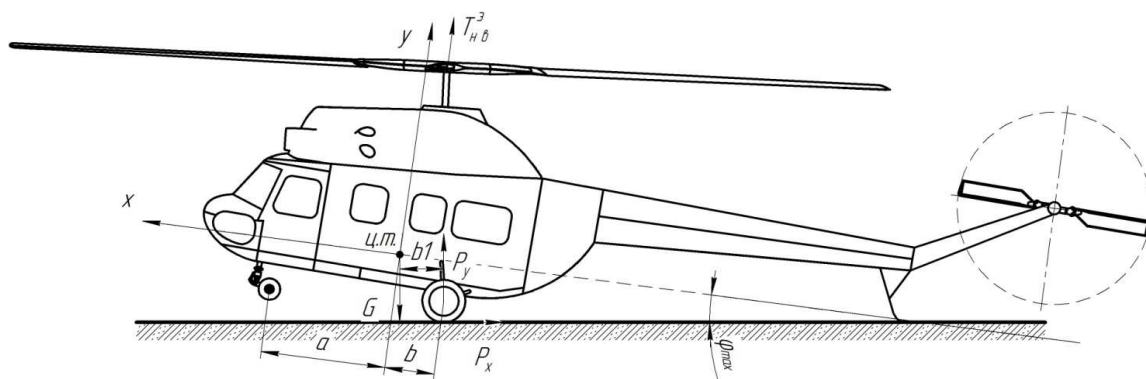


Рис. 3. Схема сил, действующих на вертолет при посадке на основные опоры

Необходимость более точного определения НДС конструкции приводит к необходимости использования метода конечных элементов. Основной сложностью при расчете стоек шасси на прочность являются неспособность метода конечных элементов рассматривать достаточно детализированную конечно-элементную модель стойки и при этом создавать адекватные соединения подвижных элементов конструкции. Это приводит к тому, что при расчете сложных конструктивных систем возникает искажение результатов. Для того, чтобы исключить эти неточности, первоначально необходимо рассматривать упрощенную конечно-элементную модель, соединения которой смоделированы наложением условий совместности деформации в соответствующих узлах (рис. 5). В данной модели балочные элементы симитированы балочными 3D элементами Beam 188, а силовые элементы, работающие на сжатие – растяжение, – Link 180.

К стойке шасси прикладывают нагрузку, возникающую на оси колеса $P_y = 43500H$. На рис. 4 показано распределение суммарных перемещений узлов конечно-элементной модели силовых элементов шасси вертолета.

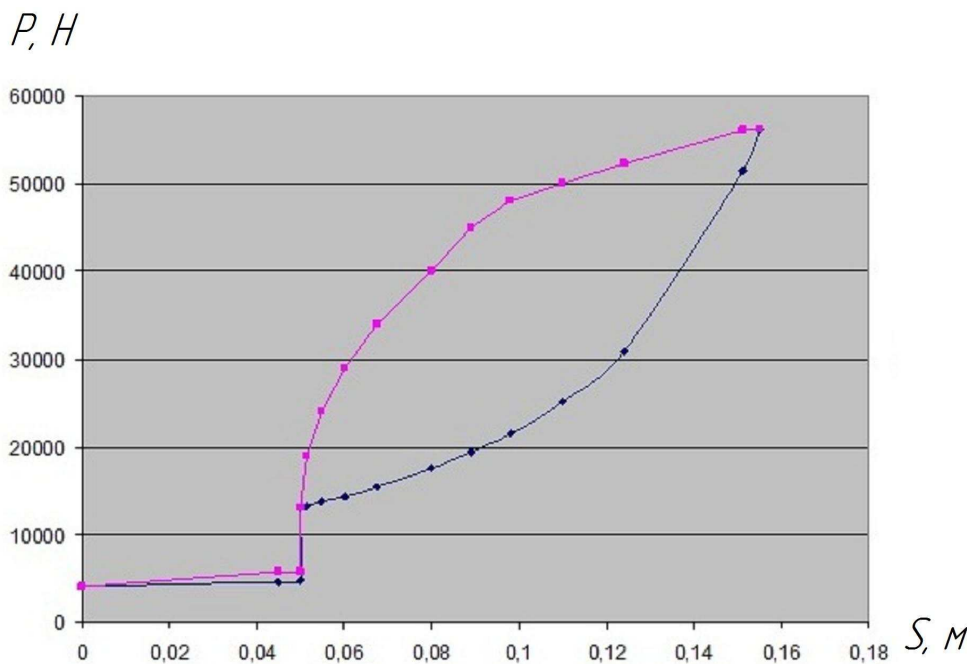


Рис. 4. Диаграмма обжатия амортизации на прямом ходу



Рис. 5. Общая МКЕ модель стойки шасси и ее закрепление

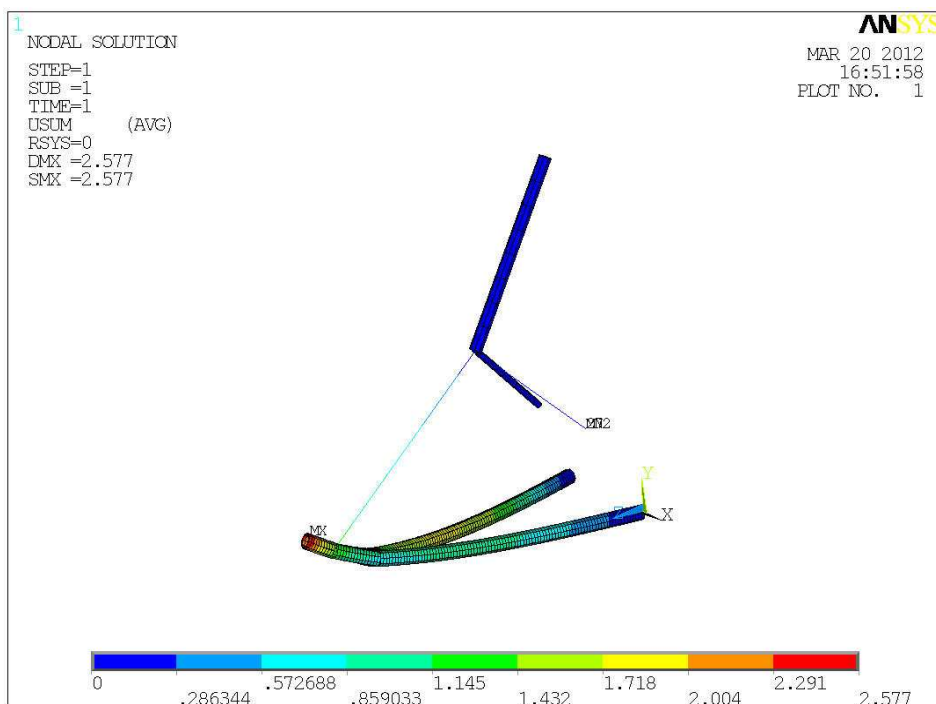


Рис. 6. Характер распределения деформаций стойки шасси

Полученные деформации прикладываются к силовым элементам конструкции достаточно детализированной конечно-элементной модели, что позволяет определять характеристики общего напряженно-деформированного состояния силового элемента стойки D шасси (рис. 7).

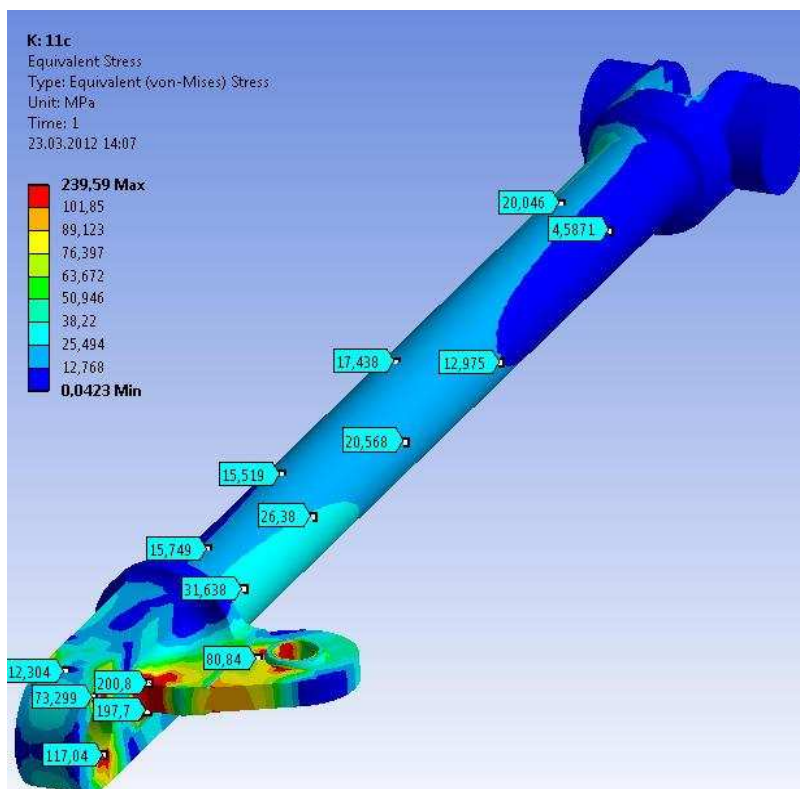


Рис. 7. Характер распределения эквивалентных напряжений Мизеса в силовом элементе D

На рис. 8 показано распределение эквивалентных напряжений Мизеса по узлам конечно-элементной модели болтового соединения №3.

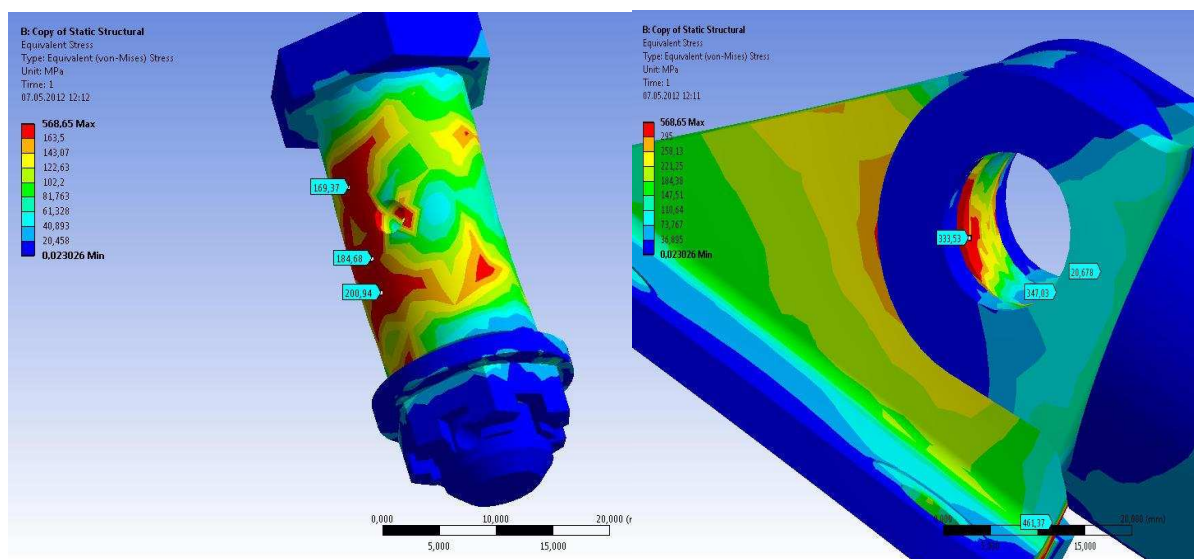


Рис. 8. Характер распределения эквивалентных напряжений Мизеса в болтовом соединении №3

Полученные параметры НДС исходного варианта силовых элементов стойки шасси вертолета являются исходными данными для проведения дальнейшего анализа общего НДС. Коэффициенты запаса прочности в полученные в элементе D равны $\eta=1,1$; в болтовом соединении №3 $\eta=1,2$.

Выводы

Разработан метод определения характеристик общего напряженно-деформированного состояния силовых элементов стоек шасси вертолета. Метод апробирован при расчёте НДС основных стоек шасси транспортного вертолета категории В. Получены значения напряжений и деформаций в данном варианте конструкции шасси.

Список литературы

1. Романчук, В.Н. Вертолет Ми-2 [Текст] / В.Н. Романчук, В. В. Красильников. – М.: Транспорт, 1972. – 260 с.
2. Справочная книга по расчету самолета на прочность [Текст] / М. Ф. Астахов, А. В. Караваев, С. Я. Макаров, Я. Я. Суздальцев. – М.: Оборонгиз, 1954. – 700 с.
3. Михеев, Р.А. Прочность вертолетов [Текст] / Р. А. Михеев. – М.: Машиностроение, 1982. – 280 с.
4. Басов, К. А. ANSYS: Справочник пользователя [Текст] / К. А. Басов. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 640 с.

Рецензент: кан-т техн. наук, доцент, А.А. Кирпикин, Национальный аэрокосмический ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков

Поступила в редакцию: 07.05.12

Метод визначення характеристик загального напружено-деформованого стану силових елементів основного стояка шасі вертольота транспортної категорії В

Наведено метод ітераційного визначення характеристик загального напружено-деформованого стану силових елементів основного стояка шасі вертольота транспортної категорії В за допомогою інтегрованих CAD / CAM / CAE систем.

Ключові слова: шасі, амортизатор, кінцево-елементна модель, сила, напруга, деформація.

The method of determining the characteristics of generalstress-strain state of the helicopter fuselage

The method for determining characteristics iterative common stress-displacement bin helicopter fuselage compartment, with the help integrate CAD / CAM / CAE systems. Designed for calculating sequence and analysis features common stress-displacement condition bin easy helicopter fuselage.

Keywords: the fuselage, cut, finite element model, weight, force, torque, stress, strain.