

Выводы:

1. Прокат арматурный и термомеханически упрочненный по ТУ РБ 04778771.001-97 производства РУП БМЗ имеет слоистое строение с 5-ю соосно расположенными слоями имеющими различные механические свойства, а арматурный стержень можно рассматривать как композитный стержень со слоистой структурой. Число соосно расположенных слоев в прокате из стали горячекатанной для армирования железобетонных конструкций по ГОСТ 5781-82 производства ОАО Челябинский МК не превышает 5, но различия в значениях механических характеристик для этого проката существенно меньше, чем для проката термомеханически упрочненного производства РУП БМЗ. Величины микротвердости слоев, измеренные в поперечных и продольных сечениях одного и того же стержня, отличаются между собой.

2. Соотношения между временным сопротивлением слоев можно принимать в соответствии с таблицей 2.

3. При проектировании изделий из исследованных арматурных стержней, у которых более прочные слои располагаются в приповерхностной зоне, и расчетах элементов конструкций с их использованием следует учитывать повышенную чувствительность таких стержней к надрезам различной природы, изменения механических характеристик слоев при технологических и эксплуатационных температурных воздействиях, изменения прочности и деформативности в результате воздействия коррозионных сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Натапов А.С., Левченко Л.Н., Баскин С.Л. Производство эффективных арматурных профилей для железобетона.-М.:Металлургия,1992.-208с. 2. Айзатулов Р.С., Черненко В.Т.,Мадатян С.А. и др. Освоение массового производства арматурной стали повышенной надежности класса А400С для железобетона// Сталь. 1998. №6. С.53-58. 3.Мадатян С.А. Сталь класса А500С для нового поколения арматуры железобетонных конструкций// Национальная металлургия.-2002, №4. 4.Юрьев А.Б., Чинокалов В.Я.,Ефимов О.Ю.,Мыскова Н.В., Прокофьева О.С. Структура термически упрочненной стержневой арматуры// Технология металлов.-2005,№9.-с.5-7. 5. Чинокалов В.Я., Юрьев А.Б., Ефимов О.Ю., Михаленко И.А., Мыскова Н.В. Прочность структурных слоев в сечении термически упрочненной арматуры// Технология металлов.-2005,№10.-с.15-18. 6. Микрюков В.П.,Юрьев А.Б.,Иванов Ю.Ф. Эволюция структурно-фазовых состояний арматуры в процессе эксплуатации//Известия высших учебных заведений Черная металлургия. 2006.№12.С.22-23. 7.Термическое упрочнение проката/ Стародубов К.Ф.,Узлов И.Г., Савенков В.Я.и др..-М.: Металлургия, 1970.-368с. 8. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. Ч.2. Механические испытания. Конструкционная прочность.-М.:Машиностроение,1974.-368с.

УДК 621.81:539.4

Чижарев А.В., Шукевич Т.В., Ручан М.В.

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА КАБИНЫ В УПРУГО-ПЛАСТИЧНОЙ ПОСТАНОВКЕ ПОСРЕДСТВОМ КЭ ПАКЕТА ANSYS

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Методы моделирования позволяют ускорить процесс разработки различных конструкций, в том числе и кабин, а также значительно снизить затраты на испытание и доводку конструкции опытного образца. Конструкции кабин должны соответствовать требованиям, предъявляемым к прочности, надежности конструкции и безопасности водителя. Целью моделирования является расчет и прогнозирование характеристик деформирования при виртуальных испытаниях. Наиболее эффективным и широко используемым средством достижения поставленной

цели является применение метода конечных элементов. Данный метод позволяет в короткие сроки оценить характеристики разных вариантов конструкции и выбрать наилучшую. В статье рассмотрен метод моделирования и прочностного расчета кабины лесной машины «Беларус» 1221МЛХ при виртуальных испытаниях, изготавливаемой на РУП «Минский тракторный завод» на базе тракторной кабины трактора «Беларус» 1221.

В конечно-элементном пакете ANSYS, который решает задачи как статического, так и динамического анализа, можно задавать большое число различных нелинейностей. Известно, в конструкционных материалах при напряжениях, превышающих предел текучести, деформации после снятия нагрузки остаются. Наиболее распространенным видом расчета, при котором учитывается нелинейное поведение материала, является рассматриваемый далее упруго-пластический анализ.

Для полноценного учета пластического поведения материала при анализе требуется знание трех важных критериев: начального условия течения, закона течения и закона упрочнения. Условие начала течения позволяет свести трехмерное, объемное напряженное состояние к эквивалентному напряжению, которое сравнивается с пределом текучести, для того чтобы определить, происходит ли течение материала. Условию текучести может быть дана геометрическая интерпретация в виде так называемой поверхности текучести, построенной в трехмерном пространстве главных напряжений σ_i . При этом следует рассматривать, что данная поверхность ортогональна пространственной диагонали $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$, одинаково наклоненной к осям главных напряжений и проходящей через нормальную (девиаторную) плоскость $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$ (рис. 1).

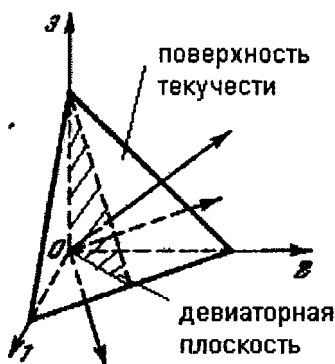


Рис.1. Поверхность текучести

Закон течения указывает направление, в котором происходит деформирование материала. Закон упрочнения, применимый к упрочняющимся материалам, описывает, как ведет себя поверхность текучести с ростом деформаций. Условие текучести записывается в виде:

$$\phi = \sigma_{eq} - \sigma_y$$

Здесь σ_{eq} -- скаляр, эквивалентное напряжение, вычисленное по компонентам тензора напряжений; σ_y -- справочная величина, предел текучести. Если наступление текучести не зависит от скорости деформаций, то при $\phi < 0$ материал остается упругим, при $\phi = 0$ в нем начинают возникать пластические деформации.

Закон упрочнения определяет поведение поверхности текучести при пластических деформациях материала. Для упрочняющихся материалов чередование нагрузки и разгрузки приводит к тому, что материал переходит в состояние текучести только в том случае, если нагрузка превышает достигнутый прежде уровень. В программе ANSYS используются два вида упрочнения: изотропное и кинематическое. При изотропном упрочнении поверхность текучести расширяется равномерно по всем направлениям; кроме того, предполагается, что пределы текучести на растяжение и на сжатие за счет упрочнения увеличиваются одинаково. При кинема-

тическом упрочнении увеличение предела текучести на растяжение сопровождается соответствующим уменьшением предела текучести на сжатие.

Для исследуемой задачи применена модель линейного изотропного упрочнения. При изотропном упрочнении поверхность текучести расширяется равномерно по всем направлениям; кроме того, предполагается, что пределы текучести на растяжение и на сжатие за счет упрочнения увеличиваются одинаково. Данная модель относится к обычным, широко применяемым металлическим материалам с линейным упрочнением. Используется для изотропных материалов и при значительных деформациях. Модель материала Isotropic Hardening Plasticity Mises Plasticity Bilinear задается диаграммой деформирования через величины предела текучести и угол наклона участка упрочнения кривой деформирования, σ_y - предел текучести (точка T), 250 МПа, E_k - касательный модуль, $E_k = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$, по физическому смыслу $E_k = \operatorname{tg}\beta_k$, где β_k - угол наклона касательной кривой деформирования к оси абсцисс (рис. 2). Модуль Юнга для материала ст20 $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu=0.23$. E_k

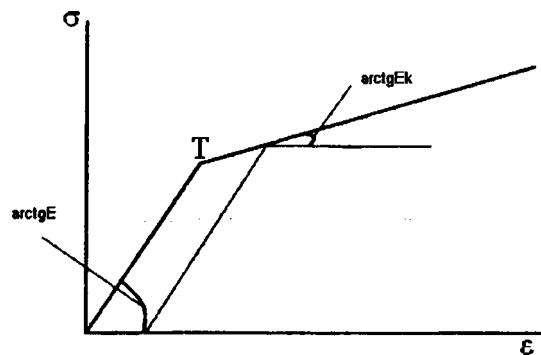


Рис. 2.

Кабина представляет собой сложную пространственную конструкцию. С целью уменьшения времени расчета и повышения эффективности была использована стержневая модель (рис. 3, а), для которой задавались балочные элементы с необходимыми сечениями (рис. 3, б), тип элемента BEAM188 - трехмерный балочный элемент, имеющий шесть степеней свободы в каждом узле. Для моделирования демпферов, необходимых для гашения вредных колебаний, на передних опорах 3-4 (рис. 3, а) использовался тип конечного элемента COMBIN40 - комбинация пружины - скользящего контакта и демпфера в параллельном зазоре, связанных последовательно. Для задних опор 1-2 (рис. 3, а) задается жесткая заделка.

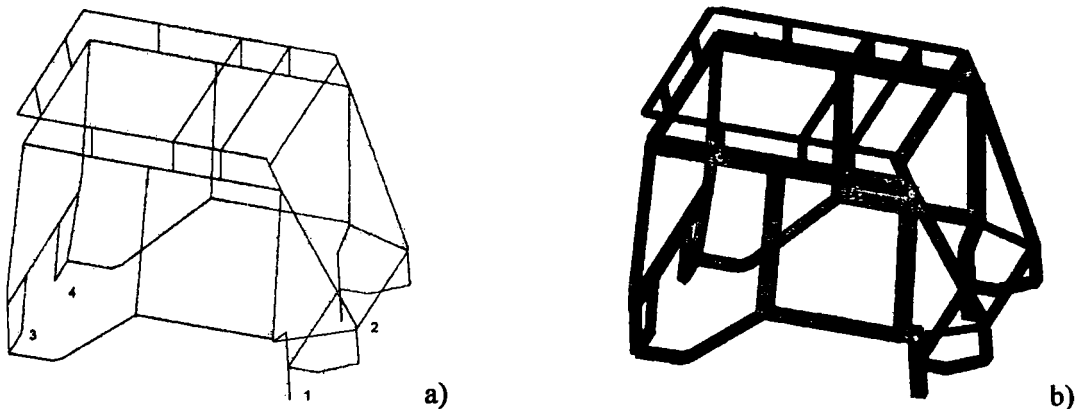


Рис. 3. а - стержневая модель, б - конечно-элементная модель

Основным документом, регламентирующим требования к прочности кабин, является СТБ ИСО 8082-2004. В нем указывается, что в кабине транспортного средства должно сохраняться жизненное пространство после воздействия на нее статической нагрузки. Расчетом предусматриваются следующие виды нагружения кабины:

- ✓ приложение горизонтальной нагрузки P_r сбоку;
- ✓ приложение вертикальной нагрузки P_v .

Нагрузки равномерно распределяются по несущим элементам конструкции кабины и приложены последовательно, то есть вертикальное нагружение осуществляется с учетом остаточных деформаций и напряжений после боковой нагрузки. Для кабины лесной машины «Беларус» 1221МЛХ вертикальная статическая нагрузка составляет $P_v = 180000$ Н (рис. 4, а), горизонтальная статическая нагрузка $P_r = 53000$ Н (рис. 4, б).

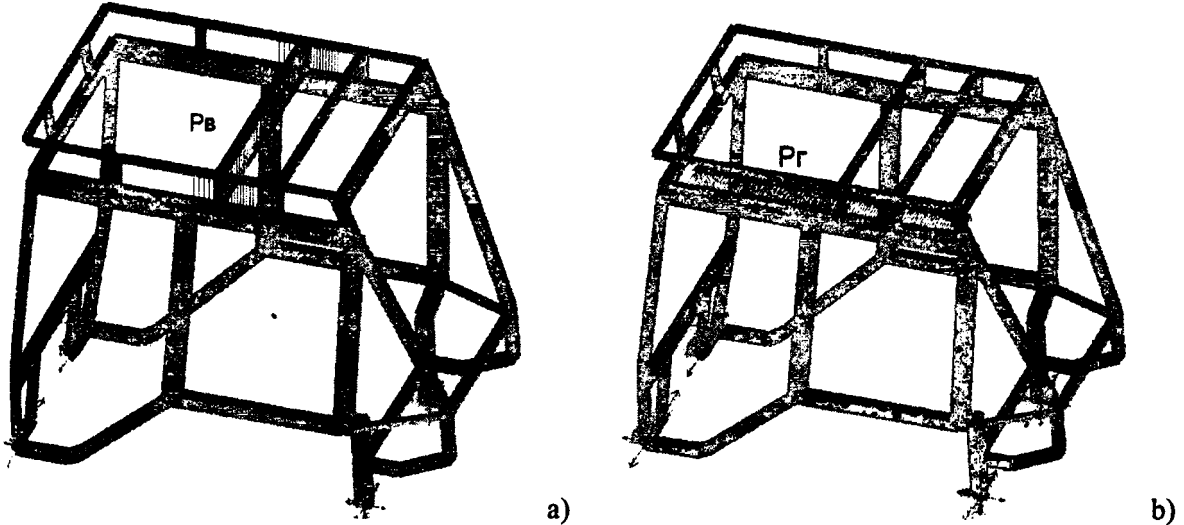


Рис. 4. а – вертикальное нагружение, б – боковое нагружение

Результаты расчета показаны на рисунках 5-6. Как видно из рисунков, максимальное напряжение в балочных элементах кабины составляет 650 МПа в местах опор конструкции, что означает их разрушение, присутствуют пластические деформации. Максимальные перемещения узлов модели кабины составляют 27 см, что совпадает с полученными значениями при натурных испытаниях и ведет к недопустимому уменьшению жизненного пространства. Однако, используя метод стержневого моделирования, в короткие сроки была проведена доработка кабины, произведен повторный расчет, результаты которого показали полное соответствие кабины всем условиям прочности и надежности конструкции.

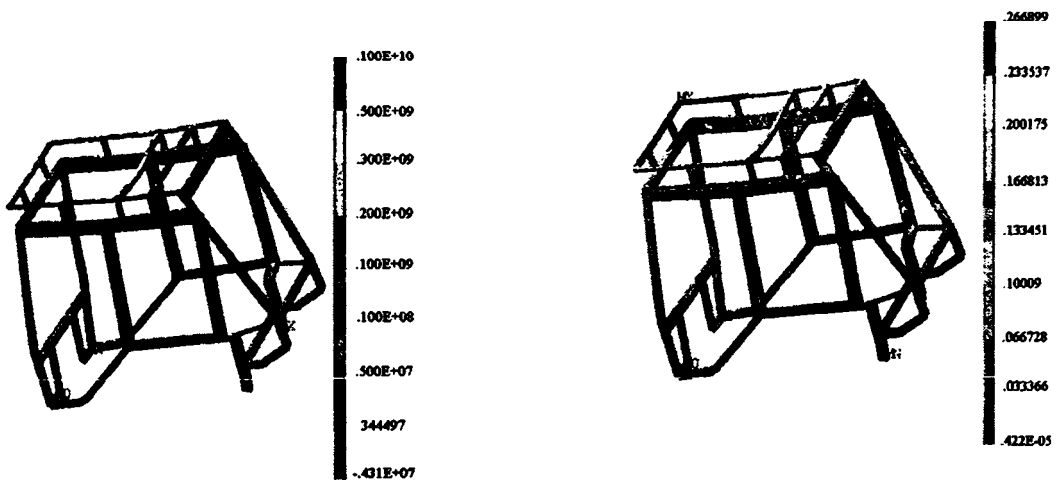


Рис. 5. Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу, Па

Рис. 6. Суммарные перемещения узлов, м

Заключение

Таким образом, метод стержневого моделирования кабин с применением балочных элементов в пакете ANSYS позволяет в короткие сроки точно и эффективно рассчитать характеристики деформирования конструкции с учетом остаточных деформаций и напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чигарев, А.В. ANSYS для инженеров/ А.В.Чигарев, А.С.Кравчук, А.Ф.Смалюк.—М.: Машиностроение, 2004. 2. Ратнер, Г.Л. Особенности расчета металлоконструкции кабины/ Г.Л.Ратнер, Л.А. Гоберман, А.М.Пугачевская// ВНИИстройдормаш. Исследование землеройно-транспортных машин/ Труды института, 1976. — Вып. 72.—С.10—15.

УДК 539

Дикан Ж. Г., Ларченков Л. В.

МЕХАНИКА КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРУКТУР

Как наука механика композиционных структур (материалов) зародилась сравнительно недавно, хотя идея использования комбинаций структурных элементов металлов, керамики, стекла, полимеров и т.д. для получения структур с уникальными свойствами известна давно. Сама природа использовала принцип такой комбинации, например, костей (хрупкая структура апатит - минерал из группы фосфорнокислых соединений кальция, содержащий переменное количество фтора и хлора, - связанный прочным мягким белковым веществом) и древесины (волокна целлюлозы, обеспечивающие механическую прочность и эластичность растительных тканей, связанные лигнином, обеспечивающим одревеснение клеток целлюлозы, увеличивая их прочность). В настоящее время широко применяются следующие структуры: железобетон, прозрачный бетон, стеклопластик, биметаллы, графито- и борэпоксиды.

Важным преимуществом композиционной структуры является её высокая прочность на единицу массы. При этом по своим прочностным и тепловым качествам многие композиционные структуры превосходят любой из своих структурных элементов или резко отличаются от него.

Наряду с многими технически важными преимуществами композиционные структуры обладают также существенными недостатками, которые связаны с тем, что физико-механические и химические свойства компонентов структур зачастую оказываются совершенно не согласованными, а это приводит к специфическим видам разрушения (расслоение, местные разрывы, когезии и т.п.). В связи с этим, при создании математических моделей различных структур эти особенности порождают большие трудности, которые к сожалению остаются ещё в значительной мере неизученными.

Композиционную структуру можно рассматривать как неоднородную среду. К таким структурам относятся поликристаллические среды и многоэлементные стохастические смеси (когда все структурные элементы смеси равноправны), а также матричные смеси (когда в композиционной структуре выделяется матрица, а все остальные компоненты считаются включениями). Сюда можно отнести и однородные структуры с пустотами (последние трактуются как включения с равными нулю модулями упругости). Выбор метода описания такой неоднородной среды зависит от формы и взаимного расположения структурных элементов. Очень часто в пространственном распределении неоднородностей имеется определённый порядок, и тогда говорят о регулярных структурах; если имеются небольшие нарушения этого порядка, то структуры называют квазирегулярными. Каждый из структурных элементов неоднородной структуры может обладать различными механическими характеристиками: упругими, вязкоупругими, пластическими и другими. Описание таких неоднородных структур связано с большими математическими трудностями.