



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015»,
ПОСВЯЩЕННОЙ 70-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

15-25 АПРЕЛЯ 2015 Г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Сборник материалов
Международной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
«Перспектив Свободный-2015»,
посвященной 70-летию Великой Победы

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2015 г.

Красноярск, 2015.

«Автоматизированное машиностроение»



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2015 г.

РАЗРАБОТКА НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОСИ СТВОЛА, АРТИЛЛЕРИЙСКИХ ОРУДИЙ

Ананченко А.П.

научный руководитель канд. техн. наук Спирин Е.А.

Сибирский федеральный университет

Высокая точность определения параметров ориентации достигается с помощью принципов фазовой углометрии. Разности фаз (РФ) спутниковых сигналов, наблюдаемых на множестве пространственно разнесенных точек, функционально связаны с положением потребителя, спутника и ориентацией приемных точек относительно линии спутник-потребитель (Рисунок 1).

Таким образом, измерив разности фаз, можно оценить ориентацию антенной системы.

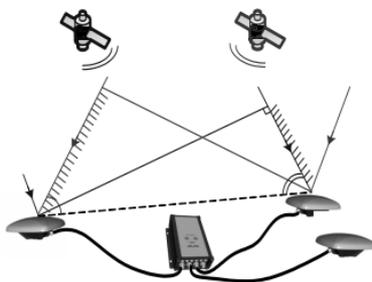


Рисунок 1. Связь ориентации антенн УНАП с разностью фаз

Тактические учения являются основой полевой выучки артиллерийских подразделений, важнейшим средством повышения их боевой готовности и подготовки к действиям в современном бою.

Уменьшить интервалы времени между учениями, и тем самым повысить боеспособность артиллерийских подразделений, позволяет проведение учений с имитацией стрельбы.

Обеспечиваемая современными образцами угломерную навигационную аппаратуру потребителя (УНАП) погрешность измерения пространственной ориентации позволяет организовать эффективное проведение учений с имитацией стрельбы для большинства минометов, РСЗО, САУ при стрельбе не прямой наводкой.

Установка (монтаж-демонтаж) конструкции системы позиционирования оси ствола системы необходимо осуществлять двумя военнослужащими.

Требованиям к конструкции является обеспечить точность $1^{\circ}/60$ на параллельность оси несущей конструкции относительно оси ствола в процессе эксплуатации и условий монтаж-демонтаж (повторяемость при монтаже).

Для линейных размеров в диапазоне от 800 мм до 1000 мм допуск величиной 230 мкм соответствует качеству 9. Номинальный размер внутреннего диаметра ствола лежит в диапазоне от 100 мм до 150 мм. Вес на несущую конструкцию 10кг.

Конструкция системы позиционирования должна состоять из прижимного механизма центрирования собственных осей с осью конструкции, рамы антенных датчиков системы УНАП а так же антенного модуля, 4шт – 0,33 кг. блока измерения (БИ) УНАП – 0,6 кг. радиостанции (РС) – 0,9 кг. ИП УНАП – 4,2 кг. батареи - 3,1 кг.

(Рисунок 2).

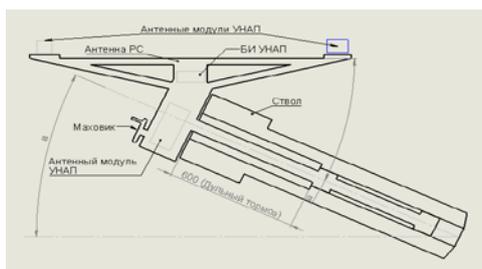


Рисунок 2. Схема конструкции.

Разжимной механизм с внутренней конусной резьбой, профиль формы витков которой представляет собой параллелограмм, резьба нарезана на конусных поверхностях винта и гайки. (Рисунок 3). Недостатком данной конструкции является: Само отвинчивание. При номинальном диаметре резьбы от 6 мм до 60 мм погрешность составляет от 0.03 мм до 0.19 мм, с увеличением размеров погрешность увеличится.

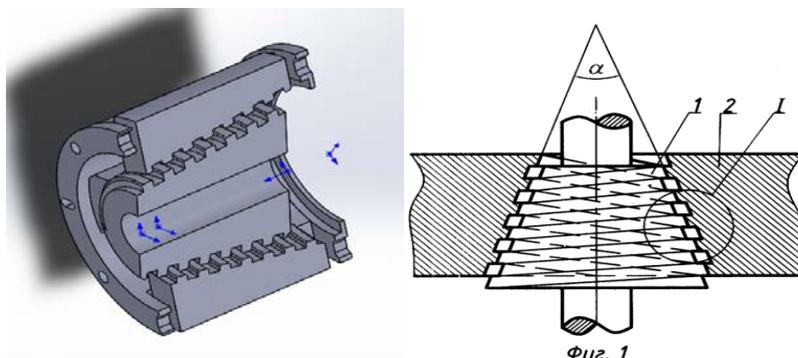


Рисунок 3. Разжимной механизм с внутренней конусной резьбой

Устройство для закрепления пустотелой цилиндрической детали. Прижимные кулачки обеспечивают надёжное закрепление, однако могут повредить внутренней поверхности ствола.

Для обеспечения надёжного закрепления и минимальной деформации шариком деталей внутренний диаметр должен быть высокоточным. (Рисунок 4).

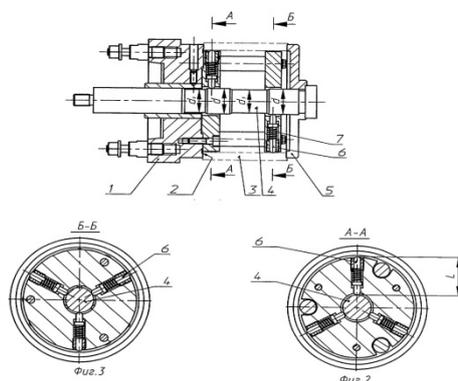


Рисунок 4. Разжимной механизм с внутренней конусной резьбой

Внутренние гидравлические центратор ЦВГ используются для центровки труб диаметром до 1420 мм. Конструкция оснащена гидравлическим цилиндром с давлением 50 ба. (Рисунок 5).



Рисунок 5. Разжимной механизм с внутренней конусной резьбой

Проанализировав имеющиеся конструкции, предложен свой вариант механизма. Основой механизма крепления являются кулачковые самоцентрирующиеся опоры. (Рисунок 6).

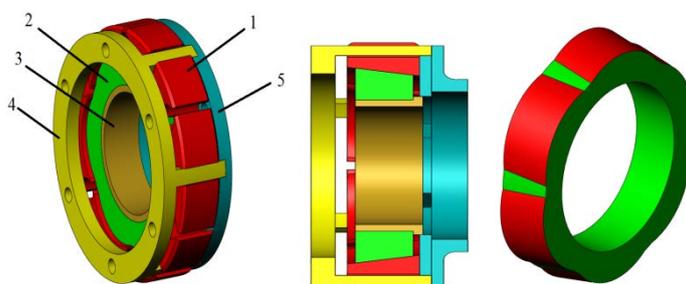


Рисунок 6. самоцентрирующиеся механизм.

В основе принципа работы кулачковой опоры заложен механизм работы клина. При относительном осевом движении толкателя 3 кулачки 1 совершают радиальное движение, в результате чего происходит фиксация опоры в стволе. Для обеспечения радиального движения служит направляющая 4, сопряженная с пазами кулачков. Несущим элементом является корпус 5. Для точного центрирования использован подшипник скольжения 3, установленный в толкателе.

Для обеспечения постоянного контакта по поверхности кулачков и толкателя, на последнем выполняются цилиндрические поверхности с наклонной осью, ответные поверхности располагаются на кулачках. Толкатель на котором представлена цилиндрическая поверхность с наклонной осью,

служит для равномерного разжатия кулачков в следствии чего и происходит самоцентрировка осей с осью конструкции. (Рисунок 7).

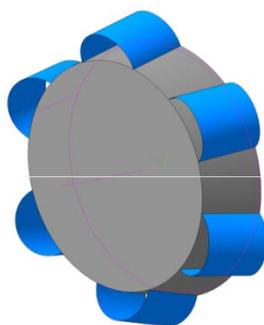


Рисунок 7. Толкатель

В результате проработки эскизного проекта несущей конструкции, было выполнено численное моделирование ее напряженно-деформированного состояния, в среде конечно-элементного моделирования ANSYS Mechanical (Рисунок 8).

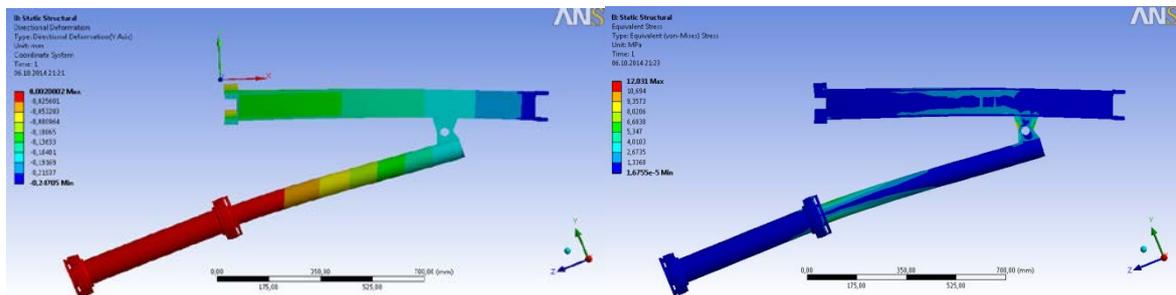


Рисунок 8. Эпюра перемещений эскизного проекта несущей конструкции и Эпюра эквивалентных напряжений

Конечно-элементное моделирование подтвердило выводы, выполненные на основе аналитического анализа рабочих процессов несущей конструкции системы позиционирования.

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НОВОГО МЕТОДА РОТАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ МНОГОГРАННЫМИ РЕЗЦАМИ

Бинчуров А.С. Киселев Д.И.

научный руководитель канд. техн. наук Индаков Н.С.

Политехнический институт Сибирского Федерального Университета

Кинематические параметры процесса ротационного точения определяют его основные особенности и закономерности, условия стружкообразования, качество обработки, работоспособность режущего инструмента, являются исходными для выбора режимов резания и геометрии инструмента [1].

Представляемый метод ротационного точения сочетает в себе элементы безвершинного косоугольного точения основным достоинством, которого является движение срезаемого слоя вдоль режущей кромки и метода ротационного точения основным достоинством, которого является постоянное обновление участков режущей кромки, что приводит к хорошему охлаждению [2,3].

Новый метод ротационного точения многогранными резцами является весьма перспективным [2], однако его успешное применение требует детальных исследований.

Многогранный резец 1 совершает принудительное вращение вокруг своей оси со скоростью V_p и имеет продольную подачу $S_{пр}$ относительно вращающейся заготовки 2 [4], в тоже время инструменту сообщается прямолинейное движение вдоль оси заготовки. При этом ось вращения инструмента устанавливается перпендикулярно оси вращения заготовки и находится на линии оси центров [2,4]. Режущая часть многогранного тела резца 1 состоит из N лезвий, режущая кромка каждого лезвия прямолинейная, передняя поверхность лезвия выполнена под углом γ к плоскости резания. Резец имеет продольную подачу $S_{пр}$ и совершает принудительное вращение вокруг своей оси, что приводит к постоянному обновлению режущей кромки в зоне резания. Периодически при вращении резца в зоне резания происходит замена рабочего лезвия, за счет чего обновляется рабочая режущая кромка, при этом остальные лезвия резца охлаждаются [4]. При таком режиме работы не требуется СОТС. Главным движением является вращение инструмента. Причем скорость вращения инструмента должна быть как минимум на порядок больше скорости вращения заготовки [2,3,4]. Схема обработки многогранным ротационным резцом показана на рис. 1.

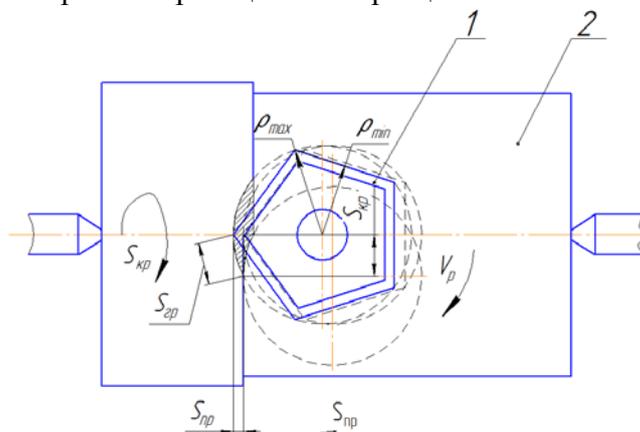


Рис. 1. Кинематическая схема обработки многогранным ротационным резцом

Обработка ротационным резцом производится таким образом, что основное направление деформации стружки происходит вдоль режущей кромки резца, при этом суммарная подача на грань профиля резца определяется:

$$S_{zp} = \sqrt{S_{кр,р}^2 + S_{нр,р}^2}; \quad (1)$$

Продольная подача на грань резца определяется, но формуле:

$$S_{нр,р} = \frac{S_{нр,см} \cdot n_3}{n_p \cdot N}; \quad (2)$$

где: $S_{нр,см}$ – продольная подача резца на оборот обрабатываемого вала, [мм/об];

n_3 – число оборотов заготовки, [об/мин];

n_p – число оборотов инструмента, [об/мин];

N – число граней профиля резца.

Круговая подача на грань резца находится по формуле:

$$S_{кр,р} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{n_p \cdot N}; \quad (3)$$

где: d_3 – диаметр заготовки, [мм];

Из анализа кинематики предложенного процесса резания следует, что осуществляемый срез формируется в виде отдельных участков клинового типа.

Размер элементарных стружек можно охарактеризовать тремя параметрами: шириной, толщиной и длиной (рис.2).

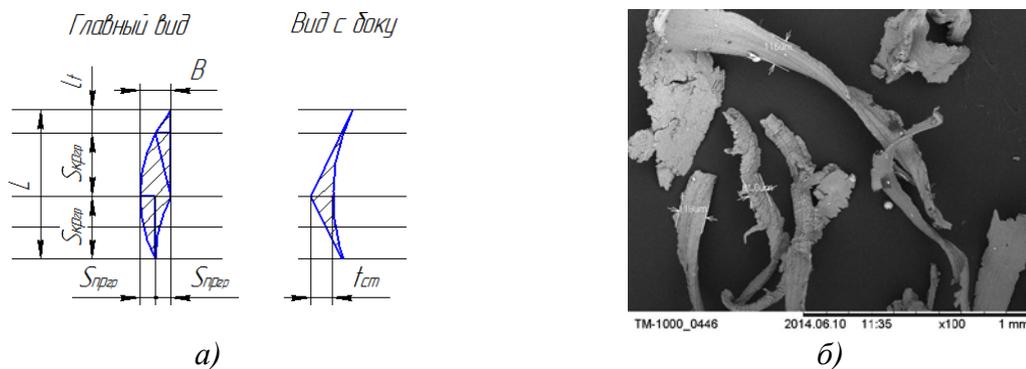


Рис. 2. Размеры элементарных стружек формирующихся при ротационном точении многогранными резцами: а) - габаритные размеры стружки; б) – микроскопическое исследование геометрической формы и размеров стружки

Ширина стружки определяется по формуле:

$$B = 2S_{нр,р}; \quad (1)$$

Длина стружки:

$$L = 2S_{кр,р} + l_t; \quad (2)$$

где: l_t – длина участка зависящая от глубины резания, [мм].

Длина участка зависящая от глубины резания определяется по формуле:

$$l_t = \sqrt{\rho_{\max}^2 - (\rho_{\max} - 2S_{нр,р})^2} - S_{кр,р}; \quad (3)$$

Толщина стружки:



$$t = t_{cm} - \Delta h = t_{cm} - \sqrt{\rho^2 \cdot \sin^2 \kappa^2 + R_{dmin}^2} + R_{dmin}; \quad (4)$$

где: t – глубина резания в каждом положении режущей кромки находящейся в зоне резания, [мм];

t_{cm} – глубина резания в плоскости оси центров, [мм];

$\Delta h = Rz_p$ – высота возможных остаточных неровностей, [мм];

R_{dmin} – радиус обработанной заготовки, [мм];

κ – угол между осью центров и точкой контакта режущей кромки и обрабатываемой поверхности.

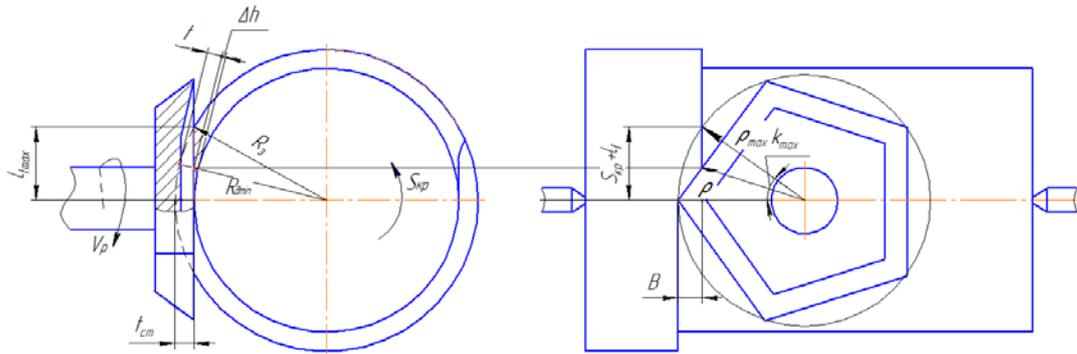


Рис. 3. Схема изменения толщины стружки

Угол между осью центров и точкой контакта режущей кромки и обрабатываемой поверхности находится по формуле:

$$\cos \kappa_{max} = \frac{\rho_{max} - B}{\rho_{max}}; \quad (5)$$

Из приведенной схемы (рис.3) видно, что толщина стружки является величиной переменной и изменяется от 0 до величины равной глубине резания.

Качество обработанной поверхности определяется шероховатостью поверхности и состоянием материала поверхностного слоя. На рис. 3 изображен расчетный микропрофиль обрабатываемой цилиндрической поверхности ротационным точением многогранными резцами. При точении высота расчетных неровностей Rz_p определяется по формуле:

$$Rz_p = \sqrt{\rho^2 \cdot \sin^2 \kappa^2 + R_{dmin}^2} - R_{dmin}; \quad (1)$$

Так как при данном методе возникает прерывистость резания на участке режущей кромки с убывающим радиус-вектором возможно возникновение кинематической волнистости. Для исключения ее формирования необходимо значения продольной и круговой подач назначить в зависимости от глубины резания, количества граней, диаметра и числа оборотов ротационного резца.

Во избежание возникновения кинематической волнистости необходимо круговую подачу назначать с учетом следующих рекомендаций:

$$l_{tmax} \geq S_{Kp.p} + l_t \quad (6)$$

Высота выхода режущего лезвия из зоны резания относительно плоскости центров определяется по формуле:

$$l_{tmax} = \sqrt{R_3^2 - (R_3 - t_{cm})^2}; \quad (7)$$

где: R_3 – радиус обрабатываемой заготовки, [мм].

Круговая подача назначается исходя из следующей зависимости:

$$S_{кр\max} = \sqrt{\rho_{\max}^2 - (\rho_{\max} - S_{np})^2} = \sqrt{2\rho_{\max} \cdot S_{np} - S_{np}^2}; \quad (8)$$

При известной круговой подаче необходимо вычислить продольную подачу, которая определяется по следующей зависимости:

$$S_{np\min} = \rho_{\max} - \sqrt{\rho_{\max}^2 - S_{кр}^2}; \quad (9)$$

При выполнении данных условий глубина необрабатываемого участка будет являться основным показателем влияющим на качество обрабатываемой поверхности.

Экспериментальные исследования проводились на токарно-винторезном станке модель ИЖ250 ИТВМ.Ф1. С использованием инструментального привода состоящего из электрошпинделя, кронштейна, оправки, и специально переточенных типовых многогранных твердосплавных пластин. Испытания проводились на специально изготовленной оправке с образцами, материалы образцов сталь 45 и Д16. Предварительный диапазон режимов резания. Глубина резания изменялась в диапазоне от 0,1мм до 5мм. Подача изделия (круговая подача) от 0,12мм/об до 3 мм/об. Скорость вращения инструмента изменяется в диапазоне от 12000 до 18000 оборотов электрошпинделя путем изменения частоты питающего напряжения по средством частотного преобразователя Альтивар 31. При обработке деталей типа вал в ряде случаев необходимо обеспечить чистовым точением определенную высоту шероховатости поверхности. Качество обрабатываемой (образовываемой) поверхности зависит от многих технологических параметров обработки (режимы резания, геометрические параметры режущего инструмента, кинематика ротационного точения многогранными резцами и др.). На диаграммах приведены зависимости шероховатости поверхности относительно параметров режимов резания.

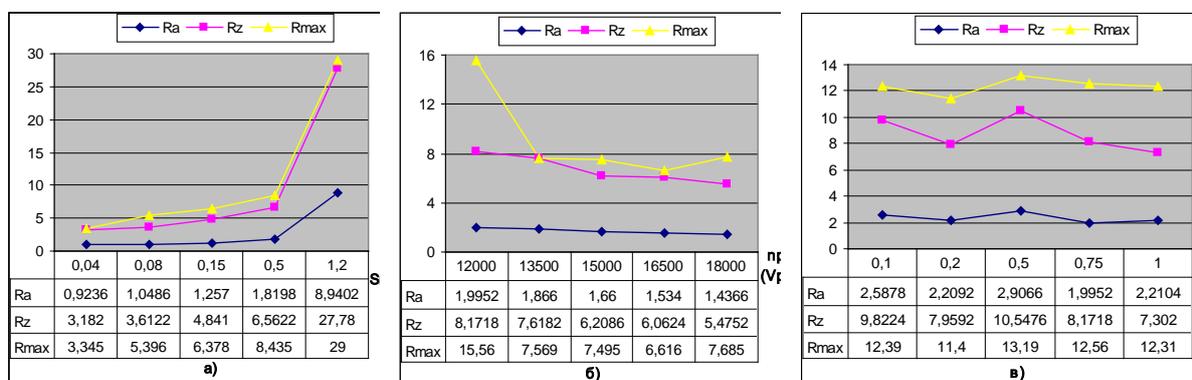


Рис. 4. Влияние технологических параметров точения валов (сталь 45) многогранными ротационными резцами на характеристики шероховатости поверхности

Наибольшее влияние на качество обрабатываемой поверхности оказывает продольная подача рис. 4а. Выявлено что глубина резания существенно не влияет на шероховатость обрабатываемой поверхности рис. 4в. Установлено, что величина продольной подачи не должна превышать конструктивную подачу, умноженную на количество граней. Выявлено что скорость резания при данном размере пластин и предельного числа оборотов электрошпинделя обеспечивают удовлетворительную стойкость инструмента и назначают максимальной от существующих возможностей.



Характер образующейся стружки убедительно подтверждает теоретические предположения о гарантированном дроблении и отводе стружки из зоны резания, что позволяет обезопасить рабочее место, а так же облегчается транспортировка такого вида стружки рис. 2б. Применение ротационного точения многогранными резцами для изготовления деталей типа вал, подтверждает эффективность и технологичность использования предложенного метода обработки.

Библиографический список

1. Коновалов, Е.Г. Основы новых способов металлообработки [Текст]: учеб. / Коновалов, Е.Г. - Мн.: Машиностроение, 1961. – 286с.
2. Индаков, Н.С. Бинчуров, А.С. Исследование метода ротационного точения многогранными резцами// Станки инструмент (СТИН). – 2013. - №6. – С. 21-24.
3. Индаков, Н.С. Бинчуров, А.С. Особенности геометрии многогранных резцов для ротационного точения// Вестник машиностроения. – 2013. - №11. – С. 38-41.
4. Индаков, Н.С. Бинчуров, А.С. Особенности ротационного точения многогранными резцами // Вестник машиностроения. – 2013. - №10. – С. 56-58.



АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧЕРВЯЧНЫХ ЗУБОРЕЗНЫХ ФРЕЗ

Богачук А.Л.,

научный руководитель канд. техн. наук Желтобрюхов Е. М.

*Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВПО «Сибирский
федеральный университет»*

Проектирование и оформление конструкторской документации металлорежущего инструмента со сложным геометрическим профилем сопряжено с выполнением большого объема довольно трудоемкой вычислительной и проектировочной работы, а существующие методы проектирования металлорежущего инструмента не всегда могут обеспечить эффективность и сжатые сроки технологической подготовки производства.

Повысить производительность и качество проектирования режущего инструмента возможно за счет применения современных САПР, которые имеют инструментарий, существенно облегчающий работу проектировщика. Непосредственное применение современных САПР конструкторского назначения не представляется возможным в силу специфики расчета и профилирования сложных поверхностей, характерных для многих типов режущего инструмента, требуется разработка специального программного обеспечения для выполнения поставленной задачи проектирования инструмента.

Представленная работа направлена на повышение эффективности и качества проектирования на этапе технологической подготовки инструментального обеспечения машиностроительного производства.

Обработка зубчатых колёс червячными зуборезными фрезами является одним из наиболее перспективных технологических методов высокопроизводительной обработки точных поверхностей, обеспечивающим высокое качество и точность обрабатываемых поверхностей деталей. Однако эти преимущества обусловлены существенным усложнением конструкции инструмента. Червячная зуборезная фреза представляет собой многолезвийный металлорежущий инструмент сложного профиля, и проектирование его представляет собой достаточно трудоемкую, сложную и многовариантную задачу, решить которую без использования современных вычислительных средств и методов расчета весьма затруднительно.

При расчёте, построении чертежа и модели зуборезной фрезы стандартными средствами графических САПР появляется ряд проблем, для решения которых и рекомендуется использовать представленное программное обеспечение для автоматизации проектирования червячных зуборезных фрез.

Одной из таких проблем является плохо приспособленные для автоматизированного расчета с применением ЭВМ существующие методики расчета параметров инструментов, особенно сложнопрофильных, основанных на применении, в основном, графо-аналитических методов проектирования с использованием табличных данных, различных графиков, номограмм и т.п.

Кроме того, достаточно сложной задачей является конструкторско-графическая часть проектирования, т.е. автоматизация создания чертежа инструмента, поскольку существующие САПР конструкторского назначения содержат только общие инструменты, позволяющие облегчить работу конструктора в части создания графической документации. Они не учитывают специфические особенности расчета и профилирования сложных пространственных поверхностей, которые характерны для



большого количества типов режущего инструмента. Тем не менее, некоторые современные конструкторские САПР предоставляют возможность расширения собственного функционала за счет внутренних средств автоматизации, например, динамически подключаемых библиотек для создания дополнительных программных модулей. Данные средства позволяют облегчить создание специализированных САПР для решения конкретных задач, в частности, проектирования определенного типа режущего инструмента.

Современные САПР, обеспечивающие сквозное проектирование сложных изделий или, по крайней мере, выполняющие большинство проектных процедур, имеют модульную структуру. Модули различаются своей ориентацией на те или иные проектные задачи применительно к тем или иным типам устройств и конструкций, т.е. по существу являются объектно-ориентированными. Это позволяет применить модульный принцип и при создании систем автоматизации проектирования режущих инструментов, когда для расчета различных типов инструментов создаются отдельные исполняемые модули (программы), при этом каждый модуль предназначается для решения логически завершенной задачи и включает необходимый набор баз данных. Целесообразно объединение модулей по каким-либо конструктивным или технологическим признакам проектируемых инструментов в отдельные законченные подсистемы, обладающие всеми свойствами систем, что обеспечивает общность математического, информационного и, в какой-то степени, программного обеспечения. В этом случае обеспечивается выполнение одного из важнейших общих принципов, характерных для современных САПР, - принципа открытости, подразумевающего возможность расширения САПР путем интеграции в нее новых пакетов расчетных программ.

Современные мощные графические редакторы исключают необходимость самостоятельной разработки графических средств для создания рабочих чертежей проектируемых инструментов, так как многие из них обладают инструментальным средством разработки приложений (SDK).

Использование данных инструментальных средств обеспечивает создание достаточно мощных прикладных приложений, выполняющих сложные расчеты с автоматической подготовкой чертежей с использованием средств отображения моделей и чертежей выбранного чертежного редактора. Такого рода специализированные САПР существенно облегчают работу конструктора: позволяют производить построение различных конструкций режущего инструмента в течение короткого времени, отслеживать изменение параметров инструмента в зависимости от исходных параметров обрабатываемой поверхности, обеспечивают возможность построения сложных кривых без проведения громоздких и трудоемких расчетов. Они могут также содержать базу данных с различной информацией из справочников, предоставляя пользователю оперировать ею в наглядной и удобной форме.

Программа проектирования червячных зуборезных фрез для обработки зубчатых колёс реализована с помощью мощного средства создания приложений – объектно-ориентированного языка C# в среде разработки Microsoft Visual Express.

Это позволило создать удобный для пользователя графический интерфейс с вводом исходных данных для проектирования и наглядного вывода результатов расчётов в реальном времени. Реализованы программные компоненты с расчётом геометрических и конструктивных данных, возможностью вывода отчёта в виде текстового файла и автоматического построения чертежа червячной зуборезной фрезы в среде КОМПАС.

Для автоматизации построения чертежа был выбран программный комплекс КОМПАС, предоставляющий гибкие возможности для построения чертежей из



приложений за счет внутренних средств автоматизации - средств поддержки технологии COM, реализованной в КОМПАС-МАСТЕР (ориентированные на прикладного программиста инструментальные средства разработки дополнительных модулей (прикладных библиотек и приложений), предназначенные для организации вызова функций КОМПАС из программ на языках программирования: C++, C#.NET, Pascal, Basic). В нашем случае была взята ориентация на использование отечественного программного продукта КОМПАС-3D фирмы АСКОН также из-за его широкого распространения на машиностроительных предприятиях и ВУЗах России.

Работа программы начинается с ввода исходных данных для проектирования, и при изменении значений одного из них программа совершает моментальный перерасчёт, а затем и вывод результата в реальном времени.

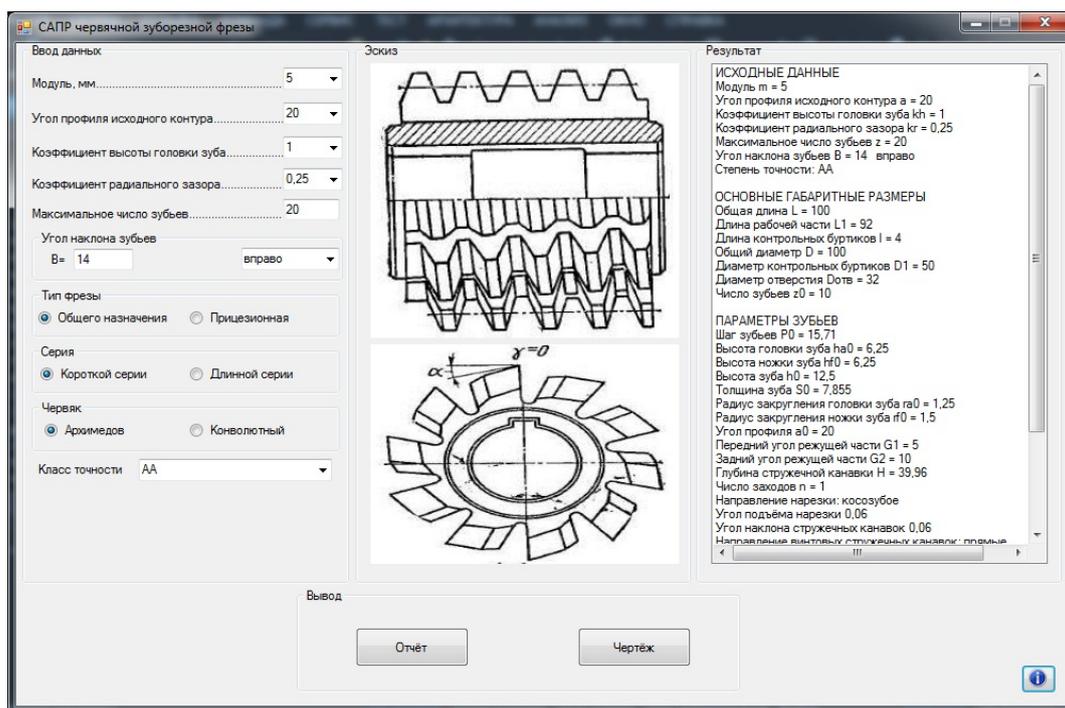


Рисунок 1. Главное окно

Далее пользователю предлагается сохранить полученные результаты расчёта в текстовом формате и произвести построение рабочего чертежа.

Результатом работы программы является построение рабочего чертежа инструмента. Получение чертежа обеспечивает возможность использования любой известной современной САПР технологических процессов для разработки технологии изготовления червячной зуборезной фрезы.

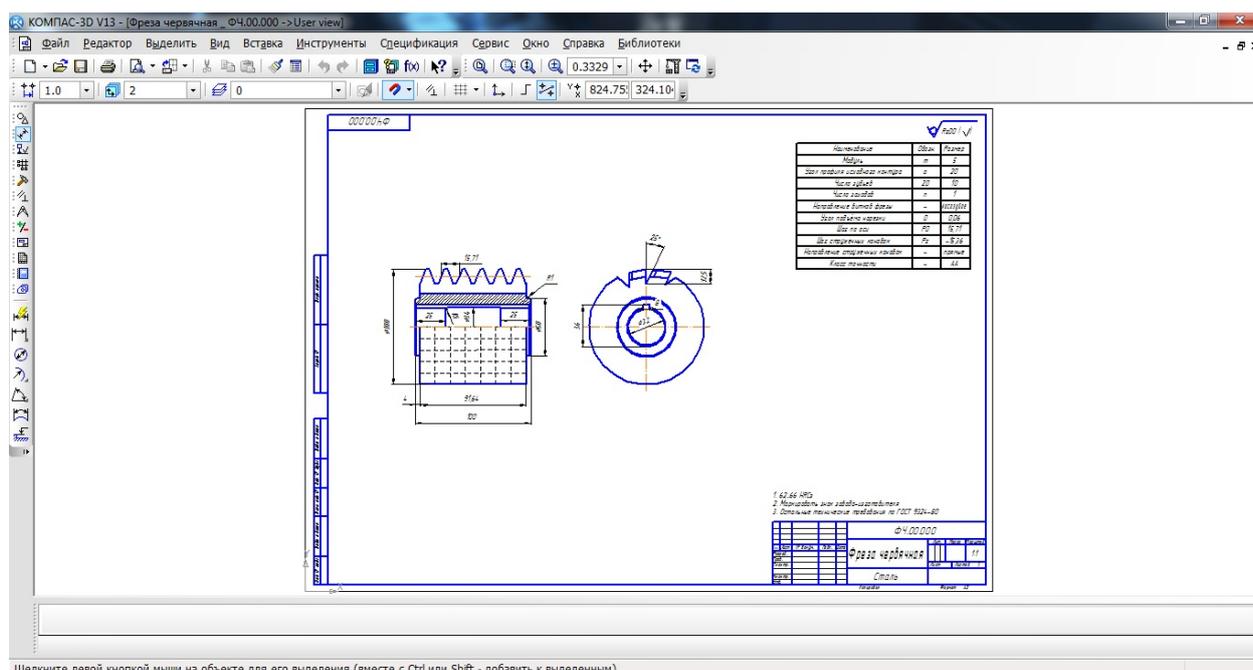


Рисунок 2. Чертёж спроектированного инструмента

Созданное программное обеспечение для автоматизированного проектирования червячных зуборезных фрез позволяет проводить расчеты геометрических и конструктивных параметров инструментов, а также автоматическое построение рабочего чертежа по рассчитанным данным.

Разработанные компьютерные программы предназначены для повышения качества проектных решений и сокращения затрат времени на этапе инструментальной технологической подготовки производства, могут быть использованы как обучающие программы для студентов машиностроительных специальностей вследствие наличия удобного и наглядного интерфейса и развитой справочной системы.

Программный модуль автоматизированного расчета и проектирования червячных зуборезных фрез является подсистемой «САПР режущего инструмента», разрабатываемой студентами и сотрудниками кафедры «Машиностроительные и металлургические технологии» Хакасского технического института – филиала СФУ.

Список литературы

1. Баранчиков, В.И. Справочник конструктора-инструментальщика [Текст]/под общ.ред. В.И. Баранчикова.– М.: Машиностроение, 1994. – 560 с.
2. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ [Текст]/ Под ред. О.В. Таратынова. М.: МГИУ, 2006. – 203 с.

РАСЧЕТ ТОРЦЕВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ В КАЧЕСТВЕ СИЛОВОЙ КОРАБЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Гессаль М. Е.

научный руководитель Морозов Д. И.

Сибирский федеральный университет

Данная работа основана на расчетах, приведенных в диссертации Марка Томаса (Mark W. Thomas) «Оценка и оптимизация осевого воздушного зазора силового двигателя для морских судов» («Evaluation and Optimization of Axial Air Gap Propulsion Motors for Naval Vessels»). Данная диссертация находится в свободном доступе и написана по заказу морского департамента и департамента электротехники.

Марк Томас является военно-морским инженером и магистром наук в области электротехники и компьютерных технологий. В его диссертации описывается уникальный метод оптимизации проектирования до нескольких объективных критериев. Данный метод потенциально применим к любому виду оптимизации, где функция стоимости не определена. Продукт, рассмотренный здесь - синхронный осевой зазор электродвигателя. Все двигатели рассчитаны на 40000 л.с., или примерно на 25 мегаватт.

Наибольший интерес в данной работе представляет код, написанный на языке MATLAB, в котором и производятся расчеты и оценка торцевой электрической машины в качестве силовой корабельной установки по заданным параметрам. Была поставлена задача перевести этот код на язык Delphi, разбив ход расчетов и оценки на процедуры для дальнейшего использования в расчетах торцевых машин.

Параметры, необходимыми для начала расчетов: номинальная мощность [лс], угол коэффициента мощности [отстающие градусы], механическая скорость вращения [об/мин], максимальный диаметр машины [м], максимальная длина стека [м], максимальная высота слота (кратная ширине интервала) [м], постоянная магнитная плотность остаточного потока [Т], плотность постоянного магнита [$\text{кг}/\text{м}^3$], плотность конструкционной стали [$\text{кг}/\text{м}^3$], плотность электротехнической стали [$\text{кг}/\text{м}^3$], плотность обмотки изоляции [$\text{кг}/\text{м}^3$], максимальное напряжение конструктивной стали [Па], фактор установки статора [Объем меди/Объем выемки], фактор установки ротора [Объем меди/Объем выемки], максимальная плотность тока меди [$\text{А}/\text{м}^2$], максимальная биение вала [относительно длины вала], срок службы двигателя [годы], годовая процентная скидка, массовая стоимость меди [\$/кг], массовая стоимость электропроводной стали [\$/кг], массовая стоимость конструктивной стали [\$/кг], массовая стоимость изоляции [\$/кг], массовая стоимость постоянного магнита [\$/кг], базовое время сборки на станке [дни], стоимость работ по сборке в день [\$], срок строительства с учетом фактора поломки роторной машины, прибыль производителя [%], стоимость дизельного топлива для судоперевозок [\$/Тонна], топливо, требуемое для работы двигателя на 100% в год [Тонн], срок службы корабля при средней мощности на валу [% от номинальной мощности], срок службы корабля при среднем количестве оборотов (avgRPM)

Рассмотрим процедуры алгоритма расчета (рисунок 1)



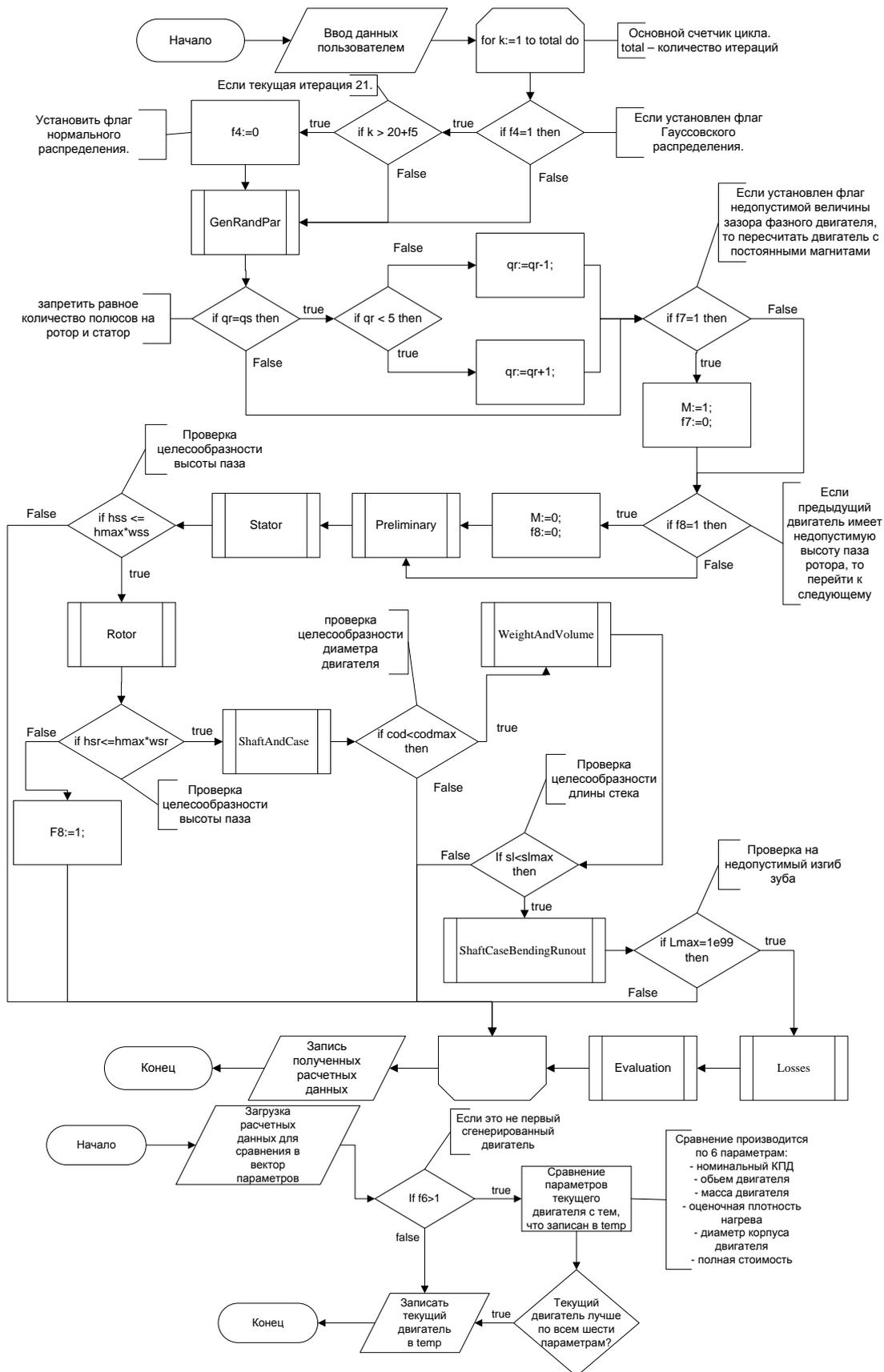


Рисунок 1 - Алгоритм расчета торцевой машины

GenRandPar. В этой процедуре генерируются случайные параметры разработки, базирующиеся на равномерном либо Гауссовском распределении между каждым



параметром, находящимся ниже и выше пределов. Тип распределения зависит от того сколько итераций (генераций параметров) было уже совершено. А также разделение параметров на верхние или нижние физически возможные пределы, если необходимо.

Preliminary. В данной процедуре производится предварительный расчет параметров двигателя.

Stator. В данной процедуре производится расчет параметров статора.

Rotor. В данной процедуре производится расчет параметров фазного либо ротора на постоянных магнитах (в зависимости от значения M , полученного в процедуре GenRandPar).

ShaftAndCase. В данной процедуре производятся расчеты параметров вала и корпуса двигателя.

WeightAndVolume. В данной процедуре производится расчет массы и объема расчетного двигателя.

ShaftCaseBendingRunout. В данной процедуре производится расчет на изгиб и биение вала и корпуса. И с учетом полученных результатов пересчет таких параметров как масса, площадь поперечного сечения и объем для вала и корпуса.

Losses. В данной процедуре производится расчет номинальных потерь и потерь при средней мощности. А также производится расчет КПД двигателя.

Cost. В данной процедуре производится расчет себестоимости (примерной) расчетного двигателя.

EVALUATION. В данной процедуре производится сравнение текущего расчетного двигателя с теми, что были рассчитаны ранее и выбор наилучшего из них. Сравнение идет по таким параметрам как: номинальный КПД, объем машины/двигателя, масса машины/двигателя, оценочная плотность нагрева, диаметр корпуса двигателя, полная стоимость.

Основные формулы для получения качественных характеристик, используемые в расчетах, приведены ниже.

1. номинальная частота тока: $\omega = (RPM * 2 * \pi * p) / 60$, где RPM - механическая скорость вращения; p - количество пар полюсов.

2. пик плотности потока в зазоре: $B_g = B_{ti} * (1 - \lambda_{msi})$, где B_{ti} - пик плотности потока в зубе; λ_{msi} - ширина паза статора.

3. вращающий момент на диске: $T_r = 2 * p_{wr} / ((RPM * \pi / 30) * n)$, где p_{wr} - номинальная мощность; RPM - механическая скорость вращения; n - число ступеней.

4. номинальный КПД: $\eta = S / (S + totl)$, где S - полная мощность, totl - полные потери.

5. $e_{af} = \sqrt{1 + x_d^2 + 2 * x_d * \sin(pfang)}$, где x_d - синхронное реактивное сопротивление, $pfang$ - угол коэффициента мощности.

Список литературы

1. Диссертация Марка Томаса (Mark W. Thomas) «Оценка и оптимизация осевого воздушного зазора силового двигателя для морских судов» («Evaluation and Optimization of Axial Air Gap Propulsion Motors for Naval Vessels»).

2. Н. Ю. Золотых: «Краткая справка по языку MATLAB».

3. Электронный ресурс: exponenta.ru

4. В. В. Домбровский: «Справочное пособие по расчету электромагнитного поля в электрических машинах»



ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ОСЕВАЯ МИКРООСЦИЛЛЯЦИЯ ШПИНДЕЛЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗАНИЕМ

Головин А.О., Космина Т. И.,
нучный руководитель д-р техн. наук Шатохин С.Н.
Сибирский федеральный университет

Часть I. Для изготовления деталей авиационной и ракетной техники, судостроения, химической и пищевой промышленности широко применяют конструкционные материалы с особыми химико-механическими свойствами, которые трудно обрабатывать резанием. Особую сложность представляет высокоскоростное шлифование отверстий малого диаметра инструментом с тонким слоем сверхтвердого абразива, который не подлежит правке. Постепенное засорение рабочей поверхности инструмента приводит к снижению производительности и качества обработки.

Для интенсификации процессов обработки резанием любых и особенно труднообрабатываемых материалов перспективно использование высокочастотной осевой микро-осцилляции шпинделя (далее ВОМШ) с инструментом или заготовкой в звуковом или ультразвуковом диапазоне частот. Применение ВОМШ особенно эффективно при шлифовании композитов, карбида кремния, закаленной стали, титана, стекла и керамики.

Это объясняется влиянием следующих основных факторов:

1. Осевая ВОМШ может обеспечить уменьшение силы резания при шлифовании и снизить возможность поломки инструмента [1]. В 2003 году японские ученые Y. Wu и др. экспериментально показали, что применение ВОМШ при шлифовании малых отверстий, обеспечивает уменьшение нормальной и тангенциальной силы шлифования на 70 %. В 2005 году японские исследователи Nomura M. и др. показали, а в 2013 году Choi Y. J. и др. подтвердили, что чем выше амплитуда ВОМШ, тем ниже силы шлифования.

2. Доказан эффект применения ВОМШ для улучшения качества шлифованных поверхностей [2]. В 2003 году все те же Wu Y. и др. экспериментально показали, что при шлифовании с ВОМШ шероховатость обработанной поверхности уменьшилась на треть. В 2006 году Yang X. H. и др. обнаружили, а в 2012 году K. Shimada и др. подтвердили, что шероховатость поверхности уменьшается с ростом частоты ВОМШ и увеличивается с ростом её амплитуды. Позднее, в 2013 году, ученые из Китая Wang Y. и др. подтвердили это на основе математического моделирования процесса обработки.

3. При шлифовании труднообрабатываемых материалов, в зоне резания возникает высокая температура, существенно снижающая твердость алмазно-абразивных материалов и увеличивающая износ инструмента. В 2011 году Cong W. L. и др. [3], а затем другие исследователи установили, что при шлифовании с ВОМШ можно значительно уменьшить температуру в зоне резания и увеличить стойкость алмазно-абразивных инструментов.

4. При обычном шлифовании производительность обработки постепенно снижается из-за износа абразивных зерен и засорения шлифовального инструмента. В 2010 году Кульков А.В. установил, что ВОМШ с амплитудой 4-5 мкм способствует непрерывному самозатачиванию притупившихся абразивных зерен с образованием на них новых режущих кромок и снижению засорения рабочей поверхности абразивного инструмента. В результате производительность обработки повышается в 3-5 раз по сравнению с обычным шлифованием [4]. В 2013 году ученые из Японии Kobayashi S. и др.



подтвердили, что при шлифовании с ВМШ инструмент меньше засоряется, возрастает его режущая способность и уменьшается коэффициент трения.

5. Применение ВМШ эффективно не только при шлифовании, но также при фрезеровании, сверлении, снятии заусенцев с правки шлифовального круга. В 2007 году японские ученые Nomura М. и др. экспериментально установили, что при правке шлифовального круга с ВМШ обеспечивается уменьшение силы правки на 1/5 и достигается более высокая острота абразивных зерен.

Часть II. Из выше изложенного следует, что эффективность использования ВМШ для интенсификации процессов обработки резанием достаточно обоснована. Однако её широкое применение сдерживает отсутствие технологического оборудования, которое обеспечивает сочетание ВМШ с высокой точностью и частотой вращения шпинделя.

Для генерации ВМШ обычно используют пьезострикционные и магнестрикционные преобразователи.

При приемлемых потерях мощности, необходимую амплитуду ВМШ (3-4 мкм и более) можно получить только за счет резонансного усиления собственных продольных волн шпинделя. Учитывая, что амплитуда собственных продольных волн уменьшается обратно-пропорционально квадрату их частоты, в звуковом диапазоне частот оптимальной для ВМШ является генерация и резонансное усиление первой или второй гармоники, а в ультразвуковом диапазоне третьей гармоники. Так как амплитуда собственных продольных волн изменяется по длине шпинделя периодически, то есть имеются локальные участки с максимальными и минимальными значениями, опоры шпинделя необходимо располагать в зоне минимума, а инструмент или заготовку в зоне максимумов локальных амплитуд.

Известны шпиндельные узлы с ВМШ, которые имеют опоры качения, аэростатические и гидростатические опоры шпинделя. Гидростатические опоры обеспечивают сочетание наиболее высокой точности, частоты вращения, долговечности и виброустойчивости шпиндельного узла. Например, фирма Elka-precision LLC (США) выпускает мотор-шпиндели с гидростатическими опорами, которые имеют частоту вращения 250000 мин⁻¹ и точность 0,06 мкм. Однако при высокоскоростном шлифовании малых отверстий используется инструмент с тонким слоем сверхтвёрдого абразива, который не допускает правку. В этом случае высокая виброустойчивость гидростатических шпиндельных опор не способствует самоочищению абразивной поверхности инструмента. Применение ВМШ успешно решает эту проблему.

На рисунке 1 показан мотор-шпиндель с гидростатическими опорами и пьезострикционным генератором ВМШ, который можно использовать в звуковом и ультразвуковом диапазоне частот. В передней части корпуса 1 установлена опорная втулка 2 передней конической гидростатической опоры шпинделя 3. Она имеет на наружной поверхности два кольцевых пояса 6, образующих с корпусом входные дросселирующие щелевые зазоры, а на внутренней поверхности – два ряда несущих карманов 4, которые ограничены по периметру поясками 5 и образуют с передней цапфой шпинделя выходные дросселирующие щелевые зазоры. Рабочая жидкость от гидростанции (не показана) под постоянным давлением нагнетается через входные дросселирующие щелевые зазоры в несущие карманы. Отсюда она через выходные дросселирующие щелевые зазоры поступает в дренажные полости и возвращается в гидростанцию. Изменение давления рабочей жидкости в несущих карманах при нагружении шпинделя обеспечивает радиальную, осевую и угловую жесткость передней гидростатической опоры.

В задней части корпуса 1 установлен фланец 9, на внутреннем торце которого установлен пакет пьезопластин 10, на которые подается переменное напряжение от регулируемого преобразователя частоты переменного тока (не показан). Внутренняя ци-



цилиндрическая поверхность задней части корпуса 1 имеет ступенчатую форму и образует с цилиндрической поверхностью шпинделя дросселирующий щелевой зазор 11. Свободный торец пакета 10 образует с задним торцом шпинделя нагружающую камеру 12, соединенную с гидростанцией. Давление рабочей жидкости в нагружающей камере уравнивается осевую реакцию передней и обеспечивает радиальную жесткость задней гидростатической опоры шпинделя.

Вращение шпинделя осуществляет встроенный асинхронный электродвигатель, короткозамкнутый ротор 7 которого установлен на шпинделе 3, а статор 8 с обмотками – в средней части корпуса 1. Обмотки статора подключены к преобразователю частоты переменного тока (не показан).

Передняя часть шпинделя, имеющая коническую форму, выполняет функцию резонансного концентратора, который увеличивает локальную амплитуду продольных волн пропорционально квадрату отношения большего и меньшего диаметра конуса.

При работе мотор-шпинделя осцилляция пакета пьезопластин 11 изменяет давление рабочей жидкости в камере 13 с заданной частотой ω_0 и генерирует резонансные продольные волны шпинделя. Для упрощения гидросистемы узла целесообразно использовать одинаковую рабочую жидкость (маловязкое масло или водная эмульсия) и интегрированную систему её нагнетания для питания гидростатических опор, охлаждения корпуса и зоны резания.

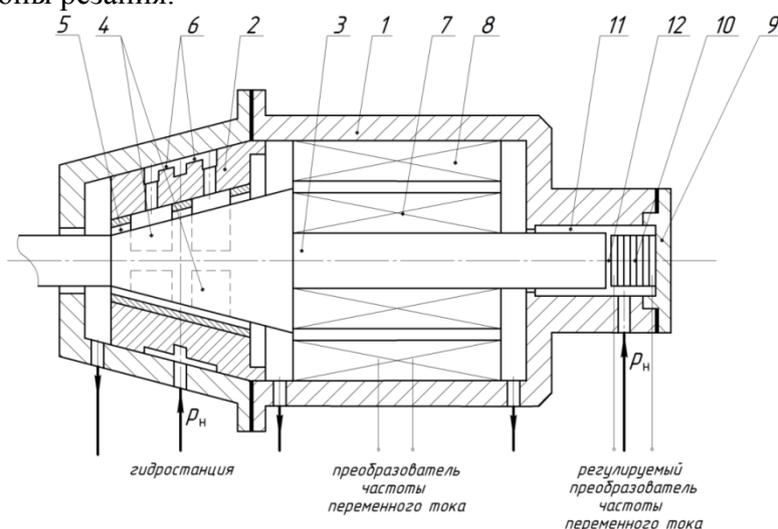


Рисунок 1. Мотор-шпиндель с гидростатическими опорами и пьезострикционным генератором ВОМШ

На рисунке 2 показан высокоскоростной мотор-шпиндель с гидростатическими опорами и гидромеханическим генератором ВОМШ в звуковом диапазоне частот. В отличие от мотор-шпинделя, показанного на рисунке 1, опорная втулка 2 выполнена без входных дросселей и имеет продольное профилирование несущих карманов 4 по патенту Кашеневского Л.Я. [5]. Фланец 9 не имеет пьезопластинного торца образует нагружающую камеру 12 с задним торцом шпинделя. На внутренней цилиндрической поверхности задней части корпуса 1 выполнены осевые канавки 13, выходящие в дренажную полость 10, а на цилиндрической поверхности задней цапфы шпинделя 3 выполнены осевые канавки 14, выходящие в нагружающую камеру 12.

При вращении шпинделя, канавки 13 и 14 периодически соединяют нагружающую камеру 12 с дренажной полостью 10. В результате давление рабочей жидкости в нагружающей камере 12 меняется с частотой $\omega = n \cdot m$, где n – частота вращения шпинделя, m – число соединений канавок за один оборот. Изменение частоты тока в обмотках

статора позволяет регулировать значение n , чтобы обеспечить резонанс ω и ω_0 для первой или второй гармоники собственных продольных волн шпинделя. Например, для $n = 250000 \text{ мин}^{-1}$ получим значение $\omega = 4 \text{ кГц}$ при $m = 1$ и $\omega = 8 \text{ кГц}$ при $m = 2$.

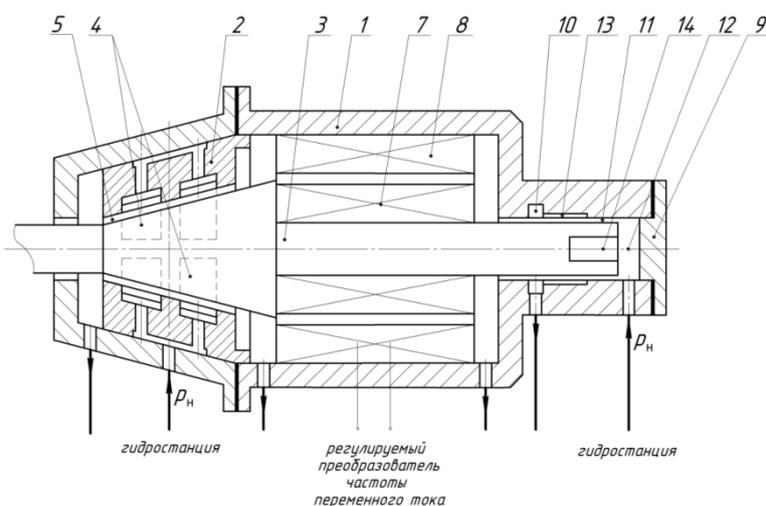


Рисунок 2. Мотор-шпиндель с гидростатическими опорами и гидромеханическим генератором ВОМШ

Выводы

1. Применение ВОМШ способствует повышению производительности и качества обработки при шлифовании, фрезеровании, сверлении, снятии заусенцев и правке шлифовального круга; а также значительно уменьшает силы резания и снижает возможность поломки инструмента.

2. Для получения ВОМШ целесообразно использовать частотно-регулируемые мотор-шпиндели с гидростатическими опорами и пьезострикционными (в ультразвуковом диапазоне частот) или гидромеханическими (в звуковом диапазоне частот) генераторами резонансных продольных волн шпинделя.

3. Исследование и оптимальное проектирование мотор-шпинделей с ВОМШ является актуальной научной и практической задачей.

Список литературы

1. Toews H. G. A Study of the Influence of Superimposed Low-Frequency Modulation on the Drilling Process [Text] / Toews H. G., Compton W. D., Chandrasekar S. // *Precis. Eng.* – 1998. – Vol. 22. – N.1. – pp. 1 – 9.

2. Li K.-M. Effect of machining parameters on surface roughness in vibration-assisted grinding [Text] / Li K.-M., Hu Y.-M., Yang Z.-Y., Chen M.-Y., Hsu F.-C. // *Proceedings of ASME International Manufacturing Science and Engineering Conference MSEC50143.* – Corvallis, Oregon, USA. – 2011. – June 13 – 17. – 6 pages.

3. Cong W. L. Experimental study on cutting temperature in rotary ultrasonic machining [Text] / Cong W. L., Feng Q., Pei Z. J., Denies T. W., Treadwell C. // *Proceedings of NAMRI/SME 2011 – 2011.* – Vol. 39.

4. Кульков, А.В. Абразивное суперфиниширование с применением ультразвука [Текст] / Кульков, А.В. // *Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. ст. № 12(72) / ВолгГТУ.* – 2010 – № 6. – С. 20 – 26.

5. Pat. 035548 United States Int. Cl.⁷ F16C 32/06. Hybrid hydro (air) static multi-recess journal bearing [Text] / Kashchenevsky L. (IL/US); ELKA PRECISION, LLC. – Appl. N.: 60/960,064; Filed: Sep. 13, 2007; Pub. Date: Sep. 5, 2008; – 23 pages, 13 fig.



КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Гостева Т.А.

научный руководитель канд. техн. наук Спирин Е.А.

Сибирский федеральный университет

Предприятие, приносящее хорошую прибыль – мечта любого директора. Рентабельность производства характеризует экономическую эффективность бизнеса, показывает, сколько прибыли имеет предприятие с каждого рубля, затраченного на производство и реализацию продукции. От чего может зависеть рентабельность производства? Одной из причин снижения рентабельности производства является простой оборудования. Простои делятся на плановые (техобслуживание, переналадка, выполнение подготовительных операций) и неплановые (отсутствие заказов, ремонт и т.п.). Для определения коэффициента простоя оборудования требуется время простоя разделить на плановый фонд работы.

Для того чтобы определить время работы и простоя оборудования и вычислить коэффициент простоя, необходимо разработать систему мониторинга загрузки оборудования. Также мониторинг позволит предотвратить финансовые потери из-за простоя оборудования и спрогнозировать расширение парка оборудования в связи с большой нагрузкой уже имеющегося. Чтобы разработать такую систему, необходимо решить некоторые задачи.

Для начала необходимо провести обзор аппаратно-программных платформ для построения систем автоматизации, позволяющих реализовать систему мониторинга и найти наиболее подходящую для решения данной задачи. Выбирать платформу необходимо по следующим критериям: 1) легкость программирования, 2) приемлемая стоимость платформы, 3) возможность подключать различные модули и датчики для мониторинга.

Анализ платформ показал, что наиболее популярными платформами являются Raspberry Pi и Arduino. Raspberry Pi – это миникомпьютер со своей операционной системой, построенный на базе Linux. Запрограммировать его сложнее, чем Arduino. Поэтому следует начать с платформ торговой марки Arduino. Они пользуются огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, открытой архитектуре и программному коду. Устройство программируется через USB без использования программаторов. Устройства на базе Arduino могут получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков.

Существует множество различных платформ, предназначенных для разных задач. Например, платформа Arduino Pro предназначена для непостоянной установки в объекты или экспонаты. Поставляется без установленных выводов, что позволяет пользователям применять собственные выводы и разъемы. Платформа Arduino Leonardo имеет 20 цифровых вход/выходов (7 из которых могут использоваться как выходы широтно-импульсной модуляции (ШИМ) и 12 как аналоговые входы), разъем микро-USB, кнопку перезагрузки. Платформа Arduino Uno имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, разъем USB, кнопку перезагрузки. Все эти платформы построены на базе микроконтроллеров ATmega328, ATmega168. А вот платформа Arduino TRE (МП Sitara AM335x 1 ГГц) обладает примерно в 100 раз большей производительностью по сравнению с Arduino Leonardo или Uno. Платформа Arduino Mega имеет 54 цифровых входа/выходов (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов. Она построена на микроконтроллере ATmega2560 (Смотри Рисунок 1).



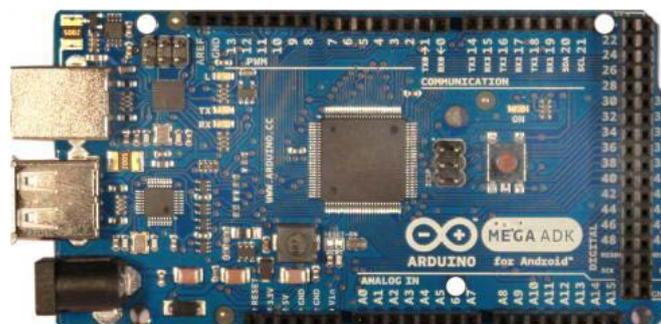


Рисунок 1. Платформа Arduino Mega

Также существует такая платформа как Arduino LilyPad. Она разработана с целью использования как часть одежды, может быть зашита в ткань со встроенными источниками питания, датчиками и приводами с проводкой. Также существует плата Arduino на основе 32-битного микроконтроллера – Arduino Due. На ней имеется 54 цифровых вход/выхода (из них 12 можно задействовать под выходы ШИМ), 12 аналоговых входов, 4 UARTa (аппаратных последовательных порта), а генератор тактовой частоты 84 МГц, связь по USB с поддержкой OTG, 2 ЦАП (цифро-аналоговых преобразователя), 2 TWI, разъем питания, разъем SPI, разъем JTAG, кнопка сброса и кнопка стирания. Это наиболее свежая версия Arduino. Проводя обзор всех плат Arduino, было принято решение, что для данной цели подойдет платформа Arduino Uno.

Основа выбрана – платформа Arduino. Теперь необходимо произвести анализ датчиков и дополнительных плат расширения, с помощью которых можно получить информацию в реальном времени о состоянии оборудования, обработать ее и передать куда-либо для дальнейшего использования в мониторинге. Какую информацию мы можем получить от оборудования? В зависимости от типа оборудования, данные могут быть различной природы: данные от системы управления; сигналы (дискретные) от элементов электроавтоматики (реле, лампы, индикации и т.д.); 3) сигналы (аналоговые) от дополнительно установленных на оборудовании датчиков.

По проведенному анализу возможностей получения информации от оборудования, было найдено несколько датчиков, с помощью которых мы можем отследить его работу:

- Датчик Холла – фиксирование магнитного поля;
- Датчик шума;
- Сенсор вибрации - улавливает изменения во внутреннем механическом напряжении;
- Ультразвуковой дальномер - определяет расстояние до объектов.
- Сенсор оттенка цвета - позволяет распознать оттенок цвета объекта, расположенного перед ним или цвет окружающего освещения (Смотри Рисунок 2).



Передать полученную информацию можно несколькими способами благодаря существующим платам расширения. Например, плата расширения Arduino GSM позволяет Arduino выходить в Интернет через беспроводную сеть GPRS. А плата Arduino WiFi позволяет подключить Arduino к Интернету по беспроводному интерфейсу. С помощью специального беспроводного модуля плата расширения Wireless SD позволяет платам Arduino взаимодействовать между собой на расстоянии без использования проводов.

Структурно, разрабатываемую систему мониторинга использования оборудования можно представить в виде слоев (Смотри Рисунок 3): нижним – является физический слой, предоставляющий информацию об использовании оборудования; вторым (снизу) – аппаратный слой, реализуемый на базе платформы Arduino и персонального компьютера (ПК); третий слой выполняет функционал драйверов, связывая аппаратный и программные слои; программный слой (четвертый снизу) – реализуется в виде программного модуля с графическим интерфейсом, и служит для предоставления пользователю средств обработки данных; слой пользователя – показывает функционал системы, доступный пользователю системы.

Пользователь	Мониторинг загрузки оборудования, формирование отчетов		
Программный слой	Применения статистических функция обработки данных, определение тренда загрузки оборудования, генерация решений оптимального распределения нагрузки		
Слой драйверов	Получение и хранение данных	Преобразование сигнала, определение продолжительности включения оборудования, передача данных на сервер	
Аппаратный слой	Сервер ПК	wi-fi модуль	Плата Arduino Датчик
Физический слой			Источник сигнала

Рисунок 3. Структурная схема системы мониторинга использования оборудования

Реализация и внедрение системы мониторинга использования оборудования позволит выявить неиспользуемое оборудование, наиболее используемое оборудования, спрогнозировать необходимость расширения парка.

Предсказать и предотвратить простои оборудования и связанные с этим финансовые потери, выявить неиспользуемое оборудование, быстро реагировать на сбои в работе — эти и другие важные задачи возможно решать при реализации и внедрении системы мониторинга использования оборудования.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ ТАРЕЛКИ АНТЕННЫ КОРАБЕЛЬНОГО БАЗИРОВАНИЯ САЕ МЕТОДАМИ

Гринкевич С.С.

научный руководитель канд. техн. наук Колбасина Н.А.

Сибирский федеральный университет

Антенна является неотъемлемой составной частью любого радиотехнического устройства, которое предназначено для передачи или приёма информации с помощью радиоволн через окружающее пространство.

Основная задача тарелки антенны - сохранность фокуса, т.е. сохранение ее формы под нагрузкой, в том числе температурной.

Искажение формы тарелки происходит в процессе эксплуатации антенн: воздействие ветра и атмосферных осадков, силы тяжести, воздействие солнечного излучения. Самое большое влияние оказывает солнечное излучение. Для тарелки антенны это грозит расфокусированием, после этого она не может в полной мере выполнять свои задачи.

Цель работы: автоматизация определения рабочей области тарелки антенны корабельного базирования, на основе разработанной конечно-элементной модели, с учетом температуры и инерционных нагрузок.

Проанализировав материалы, используемые в производстве антенн (алюминий, медь, сталь, поликарбонат, углепластик), можно сделать вывод, что для моделирования тарелки необходимо использовать алюминий, так как по значению коэффициента теплопроводности материал занимает второе место, уступая только меди, но по массовому критерию превосходит ее. С экономической точки зрения алюминий в разы выгоднее меди.

По ориентации антенны делятся на 2 типа: зеркальные и офсетные.

Зеркальная антенна – это система из одного или нескольких металлических зеркал. Поверхность зеркала представляет собой вырезку из параболоида вращения – тела, образованного вращением кривой $y=x^2/4F$ (параболы) вокруг оси ОУ.

Кроме классических зеркальных рефлекторов большое распространение получили антенны с вынесенным из фокуса облучателем (офсетные антенны), схематически изображенные на рисунке 1.

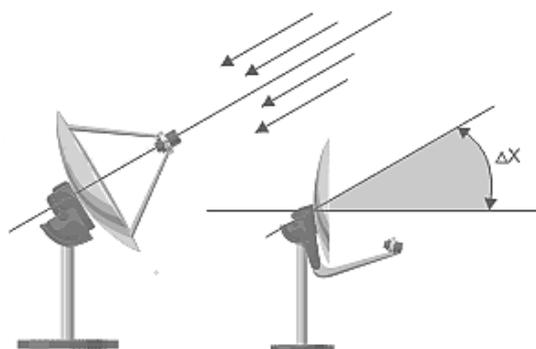


Рисунок 1. Ориентация прямофокусной (слева) и офсетной (справа) антенн на спутник

Проанализировав опыт мировых производителей антенного оборудования, можно сделать вывод, что в современных образцах антенн форма вырезки зеркала

определяется производителем индивидуально, из-за сохранения фокусной поверхности, остальные, незадействованные, части отражателя удаляются.

Для автоматизации определения рабочей области тарелки антенны предлагается использовать конечно-элементные методы моделирования в САЕ среде ANSYS, которые позволят улучшить качество результатов расчета и существенно сократить время решения задачи. ANSYS позволят построить более точную сетку конечных элементов, что способствует в дальнейшем получению максимально точных результатов расчета, что является немаловажным критерием на пути решения задачи определения рабочей области тарелки антенны.

Первый этап решения задачи – построение геометрии тарелки и разбиение ее на регулярную конечно – элементную сетку.

Далее прикладываются температурные граничные условия, и проводится тепловой анализ (моделируется нагрев, вызванный солнечным излучением и теплопередача окружающей среде).

Третий этап - моделирование влияния инерционных нагрузок, силы тяжести. Учитываем результаты температурного расчета. Проводим структурный анализ.

После проведения анализа тарелки антенны необходимо определить изменение формы зеркала вследствие приложенных нагрузок. Для этого разработана математическая модель, основанная на определении нормалей элементов после деформации и сравнении их с изначальными.

Список литературы

- 1 Диняева, Н. С. Конструирование механизмов антенн / Н. С. Диняева. – Москва: МАИ, 2002. – С. 340.
- 2 Драбкин А.Л. и др. "Антенно-фидерные устройства". Изд. 2-е, дополненное и переработанное. М., "Сов. радио", 1974.
- 3 ANSYSmechanicalAPDLandmechanicalapplicationstheoryreference 2010. 1162 С.
- 4 Чигарев А. В., ANSYS для инженеров: справ. Пособие /А.В. Чигарев.- М.: Машиностроение-1, 2004. – С. 512.
- 5 Басов, К. А. ANSYS в примерах и задачах /К. А. Басов; под общей ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – С. 224.





УДК 534.01

ЗАВИСИМОСТЬ ЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ КРЕПЛЕНИЙ

Гришечкина М.Г.

научный руководитель к.т.н. Колбасина Н.А.

При решении технических задач часто возникает вопрос об оценке динамического качества изделия, в частности определения собственных или резонансных частот того или иного объекта. При этом необходимо оценивать как спектр собственных частот, так и формы колебаний объектов. Особенную сложность решение этой задачи представляет тогда, когда технический объект сложный, сложной геометрической формы и у него предусмотрено большое число степеней свободы. В таком случае, матрицы при аналитическом анализе динамических характеристик получаются очень большого порядка. Для устранения этой проблемы часто рассматривается задача с разделением частот различных видов, т. е. предположение, что крутильные колебания или колебания поперечного изгиба имеют свои спектры собственных частот и соответствующие формы колебаний ни в коем случае не накладываются друг на друга. Однако при оценке динамического качества так бывает не всегда и проиллюстрировать это можно при решении задач на очень простых формах, в частности стержня.

При частотном анализе геометрически простых моделей, можно, регулируя виды граничных условий, видеть, что при некоторых видах сочетаний граничных условий резонансные частоты не разделяются, а формы колебаний накладываются. Поскольку на деталях сложной формы выявить тип колебаний иногда представляется сложным, то мы проведём исследование на теле самой простой формы.

Чтобы выделить из спектра резонансных частот, частоты, соответствующие крутильным колебаниям, например, достаточно вдоль цилиндрической поверхности стержня задать граничные условия соответствующие шарнирному опиранию. Если необходимо сохранить продольные колебания, то необходимо задать незафиксированное шарнирное опирание, так как точкам поверхности при нём невозможно перемещаться только в радиальном направлении, а если продольные колебания необходимо исключить то задаётся зафиксированное шарнирное опирание, так как точкам поверхности при нём невозможно перемещаться в радиальном и осевом направлении, что показано на рисунке 1.

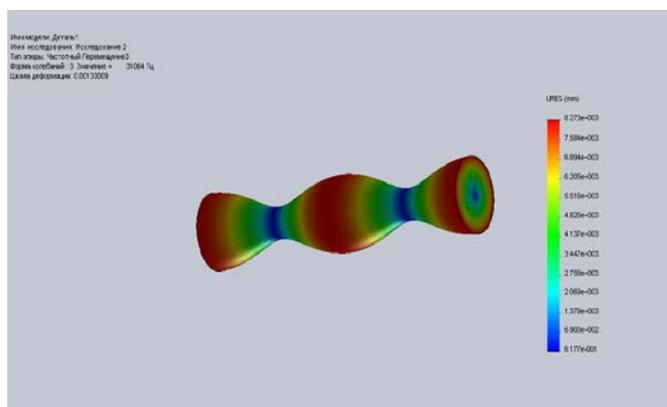


Рисунок 1. Крутильные колебания стержня третьей формы при граничных условиях: по всей цилиндрической поверхности - зафиксированный шарнир



Сочетание нескольких видов граничных условий, то есть сложные граничные условия, что в технике бывает очень часто, приводит к тому, что формы собственных колебаний перестают разделяться на классические поперечные, продольные и крутильные, формы собственных колебаний становятся сложными, включающими в себя некоторые их сочетания, что можно видеть на рисунке 2.

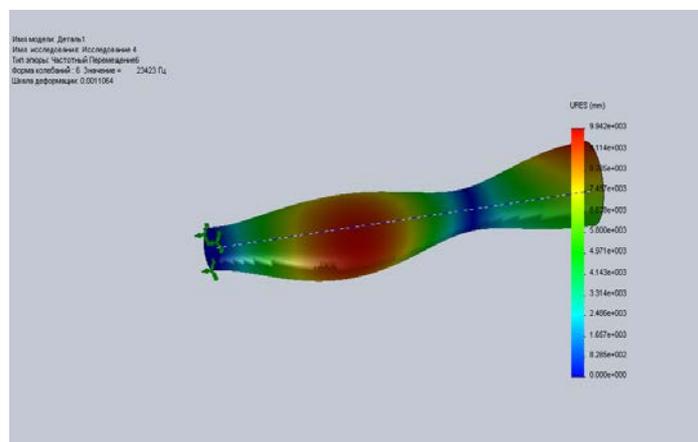


Рисунок 2. Комбинированная форма колебаний стержня при граничных условиях: с одного торца - зафиксированной геометрией и по всей цилиндрической поверхности - ролик/ползун

Представленный результат позволяет предположить, что далеко не всегда формы колебаний четко разделяются на крутильные, изгибные и продольные колебания, для некоторых частот при некоторых видах граничных условий резонансные частоты получаются такими, что формы колебаний включают в себя признаки сочетания нескольких видов колебаний.

Таким образом, при исследовании динамического качества сложных технических систем, использование традиционных аналитических методов может не дать точного результата. В таком случае, конечно-элементные методы анализа помогут спрогнозировать поведение системы в целом и уточнить результат.

МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ CADTRANS

Гришечкина М.Г
научный руководитель Морозов Д.И.

Важной частью при создании ПО является тестирование. Тестирование программного обеспечения – это процесс, при котором оценивается качество продукта. Данная тема является очень актуальной в данное время, так как при усложнении программного обеспечения сложно отлаживать его вручную и требуется автоматизирование данного процесса, для уменьшения времени и повышении эффективности.

Автоматизированное тестирование имеет преимущество в том, что выполняет заданные тесты быстро и может повторять их бесконечное множество раз.

В данной работе описываются инструменты, методологии, шаблоны проектирования для составления подобных автоматических тестов.

При создании новой программы часто возникает множество разнообразных ошибок, т.е. в алгоритмах не отлажены все обработки исключительных ситуаций. Например: программа не принимает десятичный разделитель, в вычисляемых полях выводятся некорректные значения и т.д.

Для тестирования алгоритмов работы программы был создан план так называемого функционального тестирования, который состоит из:

- Сравнение корректности выходных данных с доступными на рынке аналогами
- Модульное тестирование корректности алгоритмов расчёта
- Тестирование корректности расчётов с точки зрения физики описываемых процессов
- Тестирование стрессоустойчивости пользовательского интерфейса

Для того, чтобы программа работала корректно необходимо проделать очень много работы. Основой для тестирования служат общие требования к программе, включая не только корректность реализации функций, но и производительность, время отклика, устойчивость к сбоям, атакам, ошибкам пользователя и т.д. Для системного тестирования используются специфические виды критериев тестового покрытия (например, выполнены ли все типовые сценарии работы, все сценарии с исключительными ситуациями и др.).

Первым тестом «черного ящика» является сравнение корректности выходных данных с доступными на рынке аналогами. Такими аналогами были выбраны приложение TCAD, написанное коллективом кафедры «Детали машин» Красноярского государственного технического университета в 90-х годах, для операционной системы MS-Dos (исходные коды этого приложения были положены в основу нового приложения CADTrans) и подключаемый модуль «shaft» конструкторского пакета «Компас» разработанного компанией АСКОН.

Выходные значения рассчитанных передач программ TCAD и CADTrans для расчёта поликлиновых передач в целом совпадают, однако было найдено несоответствие при определённых параметрах, дальнейшие исследования показали, что ошибка была допущена в TCAD, где значения брались из таблицы клиновых передач, а не поликлиновых передач.

Первым тестом «белого ящика» является тестирование корректности алгоритмов расчёта. Смысл этого теста заключается в том, чтобы с помощью полного перебора



всех комбинаций входных параметров убедится в отсутствии исключительных ситуаций в расчёте передач. В данном тесте при возникновении ошибки они не выводятся на экран, а записываются в log файл в формате: код ошибки, имя функции, в которой она произошла, описание ошибки и значения, при которых эта ошибка произошла, чтобы не тормозит расчёты.

Описание алгоритма на рисунке 1:

Если программа просчитала все значения и не попала на ошибку, то идёт расчёт следующей передачи, а если ошибка произошла, то она записывается в log файл, который отслеживает все ошибки.

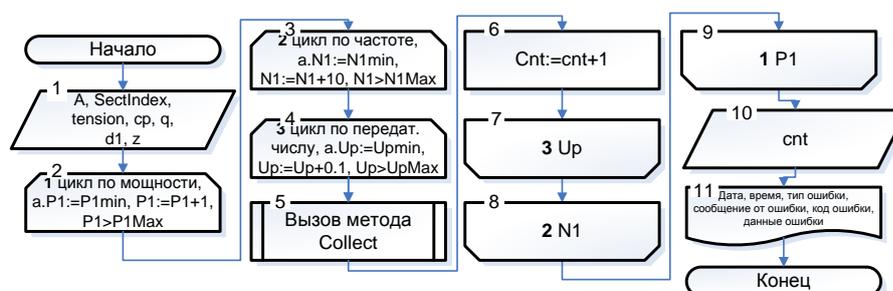


Рисунок 1. Алгоритм корректного расчёта передач

В таблице 1 представлены неизменяемые переменные и их диапазоны для двух передач.

Таблица 1. Характеристика входных данных по типам передач по признаку изменяемости

№	Вар. параметр	Min знач.	Max знач.	Шаг	№ повторов
1	P1	0.1	200	1	199
2	N1(поликлин)	200	5500	10	530
2	N1(узкоклин)	200	10000	10	980
3	Up	0.1	10	0.1	99
Всего повторов (поликлин):					10441530
Всего повторов (узкоклин):					19306980

Среднее количество рассчитанных передач в каждом из повторов: 21

Проанализировав log файл, можно сделать вывод о том, что все ошибки, возникшие на этом этапе тестирования, корректно обрабатываются программой, то есть их «отловил» обработчик исключительных ситуаций, что означает, что программа не прекратит свою работу, а вместо этого выведет пользователю сообщение на русском языке, примерно следующего содержания: «Не удалось округлить диаметр ведомого шкива (d2) до ближайшего значения из ряда линейных размеров»

Следующий шаг верификации программного обеспечения не относится ни к одной из общих категорий методов тестирования программ, поскольку относится только к программам, которые предназначены для инженерных расчётов, опирающиеся на принципы физического функционирования, узлов, механизмов и деталей машин.

Этот шаг полностью основан на построении графиков зависимости входных величин, от выходных величин. Эта задача разбивается на следующие этапы: выбрать пары величин, коэффициент корреляции между которыми не нулевой, записать

значения этих величин в виде таблицы, построить графики зависимости и проинспектировать их на наличие аномалий

В начале программы мы вводим входные данные, после чего начинается расчёт выбранного параметра. Затем происходит вызов метода, который формирует коллекцию передач из входных данных с помощью таблицы гостей. Где она разбивается на массивы значений, каждый из которых соответствует своему типоразмеру ремня.

Примеры таких графиков приведены ниже и на основе них были сформулированы рекомендации по корректировке диапазонов для входных значений. Например:

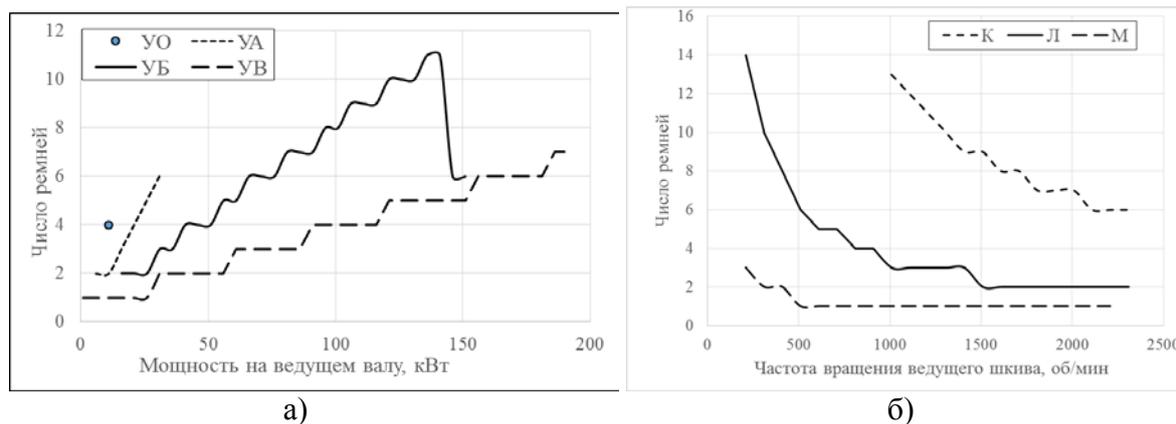


Рисунок 2. Графики зависимости а) мощности на ведущем валу от числа ремней в узкоклиновых передачах б) частоты вращения ведущего шкива от числа ремней в поликлиновых передачах

а) На графике видно, что типоразмер ремня 1-УО имеет только одно значение по мощности, значит нужно дать выбирать пользователю этот ремень, если значение мощности не больше 10 кВт. Для типоразмеров ремней 2-УА, 3-УБ и 4-УВ просматривается линейная зависимость. Чем больше мощность, тем больше число ремней. Чем сечение больше, тем меньше ремней. Но для типоразмера 3-УБ выбирать значение мощности больше 140 кВт следует ограничить.

б) Из графика видно, что число ремней типоразмера 2-Л и 3-М уменьшается с увеличением частоты вращения ведущего шкива или остаётся практически неизменным для типоразмера 1-К.

Вторым тестом «чёрного ящика» является так называемый Monkey Test. На рисунке 3 представлен алгоритм теста. Он является последним в тестировании нашей программы, так как он производит такие же самые действия, как и пользователь программы. Следовательно, позволяет выяснить, все ли ошибки были найдены и исправлены на предыдущих этапах. Эти ошибки касаются как интерфейса приложения, так и работоспособности программы при различных значениях. Если на данном этапе произошла ошибка, то нужно вернуться к предыдущему этапу, отладить и произвести этот тест ещё раз.

Описание алгоритма на рисунке 3:

В начале программы мы вводим длительность тестирования. Происходит заполнение выпадающих списков, межосевого расстояния и диаметра меньшего шкива, происходит случайный выбор поля, которое заполнится случайно. Затем происходит вызов метода, который составляет передачу из входных данных с помощью таблицы гостей. Если программа просчитала все значения и не попала на ошибку, то происходит

выход из программы, а если ошибка произошла, то она записывается в log файл, который отслеживает все ошибки.

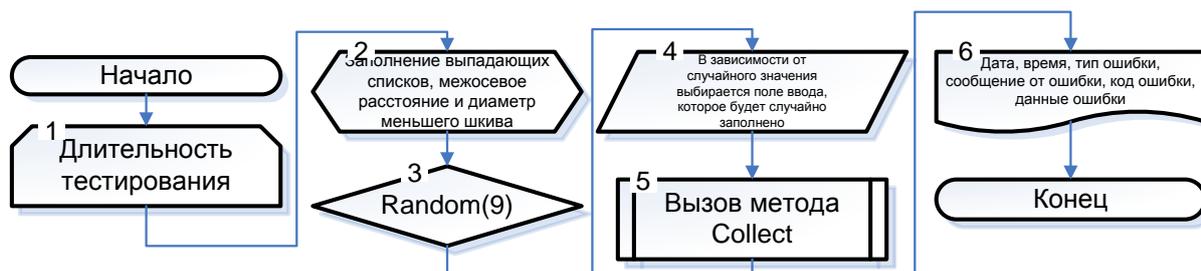


Рисунок 3. Алгоритм Monkey Test

Данный план тестирования приложений является универсальным, потому что позволяет произвести тестирование всеми способами, которые только возможны и найти ошибки программы не только в коде, но и в расчётах данной программы.

В конечном итоге, после прохождения всех пунктов отладки у нас должна получиться программа с полностью корректным алгоритмом расчёта и устойчивым интерфейсом.

Список литературы

1. Липаев В.В. Тестирование компонентов и комплексов программ. Учебник. – М.: СИНТЕГ, 2010. – 400 с.
2. ISO/IEC 9126-1:2001. Software engineering — Product quality — Part 1: Quality model. International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission. 01-Jun-2001, 25 p.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Демьяненко А.С.

научный руководитель Головин М. П.

Сибирский федеральный университет

В настоящее время особую актуальность приобретают вопросы, связанные с разработкой специализированных приложений, обеспечивающих решение прикладных инженерных задач и интеграцию САПР, PDM и ERP с целью создания единой информационной системы предприятия. Интеграция приложений является задачей более сложной по сравнению с традиционной интеграцией данных, часто используемой ИТ-компаниями при внедрении информационных систем.

SolidWorks API — это интерфейс, позволяющий разрабатывать пользовательские приложения для системы SolidWorks. API-интерфейс содержит сотни функций, которые можно вызывать из программ Microsoft VisualBasic, VBA (Microsoft Excel, Word, Access и т.д.), Microsoft Visual C++ или из файлов-макросов SolidWorks. Эти функции предоставляют программисту прямой доступ к функциональным возможностям SolidWorks.

Преимущества SolidWorksAPI

Интеграция на уровне приложений обладает рядом неоспоримых преимуществ, к числу которых в первую очередь относятся: обеспечение сквозного цикла информационного взаимодействия приложений в рамках информационных систем; автоматизированное выполнение сервисных приложений по команде из базовых компонентов информационных систем; высокое быстродействие, обусловленное отсутствием необходимости в промежуточных форматах данных, минимизацией дисковых операций и т.п. Поэтому одним из основных требований, предъявляемых к компонентам информационной системы, будь то САПР, PDM или ERP, является возможность программного управления набором функциональных средств, реализованных в этих компонентах. Таким образом, наличие в том или ином приложении интерфейса прикладного программирования (ApplicationProgrammingInterface, API) представляется необходимым и достаточным для решения задачи интеграции компонентов информационной системы на уровне приложений. В этой статье мы остановимся подробнее на описании особенностей API системы SolidWorks и ряда ее прикладных модулей. Приведенная информация должна быть интересна как начинающим, так и более опытным разработчикам приложений на платформе САПР SolidWorks.

Пакет SolidWorks предоставляет пользователю большой выбор функциональных возможностей, позволяющих создавать и модифицировать как 2D-, так и 3D-геометрию. Именно этому в настоящий момент он является наиболее распространенной системой проектирования, как в России, так и за рубежом. Однако при всем богатстве функций SolidWorks работа через стандартный пользовательский интерфейс обеспечивает инженеру доступ примерно к 80% функциональных возможностей, заложенных разработчиками в SolidWorks. Это обусловлено тем, что некоторые действия удобнее и намного быстрее выполняются именно посредством программного интерфейса.

Еще одним важным аргументом является SolidWorks API. Пакет SolidWorks как универсальная система предназначен не только для общего машиностроения, но и для целого ряда других отраслей. А как известно, любая универсальность име-



ет свои плюсы и минусы: с одной стороны, программу легко освоить, с другой — в ней нет, к примеру, кнопки, позволяющие за одно действие построить модель сотового телефона или карьерного экскаватора. Только благодаря SolidWorks API можно создать эту кнопку и автоматизировать таким образом процесс построения модели.

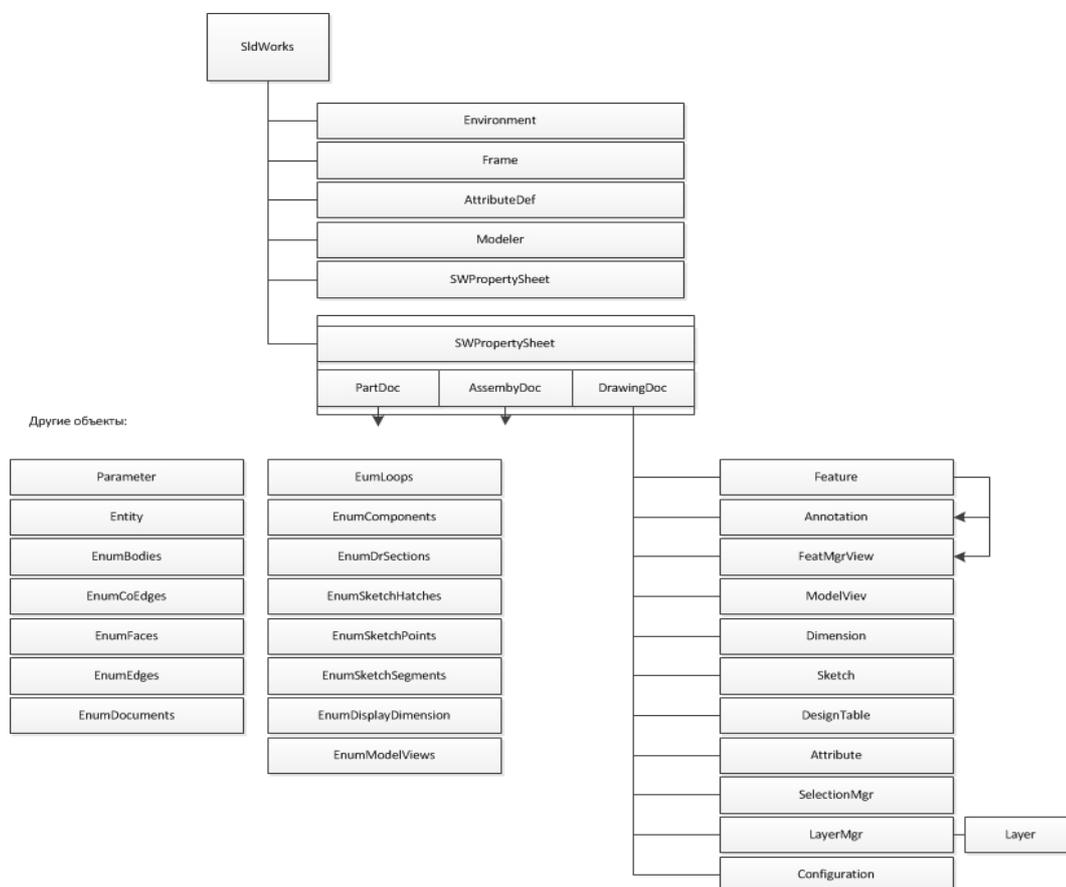


Рисунок 1. Описание объектной структуры SolidWorks API

Программы в машиностроении

Компании-разработчики программного обеспечения, работающие в машиностроительной области и систем автоматизированного проектирования, такие как АСКОН, SolidWorks уже создали и развивают свои программы для построения передач.

Например, компания АСКОН представила своё приложение КОМПАС:Shaft 3D, которое позволяет строить практически любые передачи, созданные в Компас 3D. Для построения передач в SolidWorks были созданы программы: GearTeq, GearTraх и др.

Все эти приложения способны построить почти любую передачу при этом показывая эскиз зацепления между зубьями исходя из заданных параметров.

Программа

Разработанное приложение поддерживается SolidWorks2013 x64. В моей программе я упаковал расчет в программу, поэтому для построения передачи необходимы только исходные данные, а в программах представленных выше, чтобы создать 3D модель необходимо провести предварительный расчет передачи. Вход-

ные данные для передачи мощность редуктора на выходе, обороты двигателя обороты редуктора на выходе, материал колеса, материал шестерни, коэффициент смещения колеса и шестерни, профиль колеса, тип зубьев и тип соединения.

Расчёт цилиндрической прямозубой передачи

Если кратко о программе — это модуль для кинематического и геометрического проектирования зубчатых зацеплений. Он может передавать модели в CAD систему SolidWorks.

Интерфейс программы интуитивно понятен и достаточно простой (рисунок 1). Основными функциями модуля есть: проектирование прямозубых, косозубых. Рассмотрим на примере построения и последующего переноса в SolidWorks прямозубого колеса. Запускаем программу и на форме программы видим строки и для ввода параметров.

Рисунок 2. Окно параметров передачи

Параметры, которые требуются для расчета: мощность передачи на выходе, проектное передаточное число обороты двигателя на выходе, материал колеса и шестерни, выбрать профиль колеса и тип зубьев, количество зубьев, характеристики отверстия колеса (диаметр, фаска, прорез под шпонку) и т. п. После редактирования параметров нажимаем «Предварительный расчет». В текстовом окне мы можем увидеть рассчитанные параметры.

После того как мы полностью определились с параметрами можно запускать построение в SolidWorks кнопка «Выполнить расчет».

После чего ждем пока программа построит наше колесо в SolidWorks (это занимает несколько секунд).

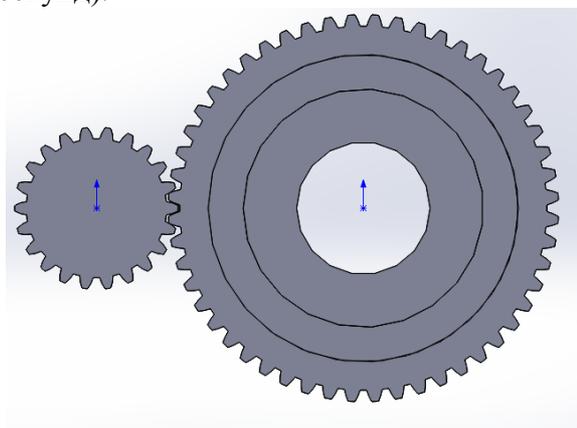


Рисунок 3 – Передача в сборке(SolidWorks)

Как видим наше колесо и шестерня построены в сборе теперь мы можем его сохранить для дальнейшего использования (рисунок 2). Это намного продуктивнее, чем с нуля создавать такую же деталь в SolidWorks.

Результаты работы

В ходе работы была разработана программа для расчета и построения прямозубых передач. В качестве программы для построения прямозубых передач был выбран SolidWorks. Созданная программа может производить геометрические расчеты зубчатой передачи и строить в SolidWorks 3D модель.

Опыт разработки этой программы, а также анализ рынка существующих программ позволили сформулировать следующие выводы:

– Все разработчики программного обеспечения стремятся облегчить построение механизмов в собственных CAD-программах, создавая для них прикладные программы построения.

– Из-за огромного количества таких прикладных программ необходимо учитывать их недостатки для создания собственной программы. Главным таким недостатком таких большинства программ это геометрическое построение по всем известным параметрам, то есть необходимо провести все расчеты передачи вручную.

Список литературы

1. Головин М.П., Атрохова Н.В., Морозов Д.И., Пакет автоматизированного проектирования механических передач CADTrans 3, Вестник КГТУ, 2005 вып. 40.





УДК 004.651.5

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ВЫВОДА РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ИНФОРМЕР ПИ СФУ

Ерушин Н.Н.,
научный руководитель Морозов Д. И.
Сибирский федеральный университет

Командой кафедры “Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств” Политехнического института Сибирского федерального университета разрабатывается приложение для операционной системы Android, предназначенное для использования студентами и сотрудниками, которое обладает следующим функционалом: проигрывание студенческого радио Pi-FM, просмотр новостей Политехнического института, вывод расписания занятий для студентов различных специальностей и др. Данная работа описывает реализацию последнего пункта.

На рынке приложений для операционной системы Android (Google Play™) предоставлен ряд программ, имеющих подобный функционал и которые:

1) предоставляют возможность пользователю самостоятельно ввести расписание занятий и в дальнейшем просматривать его. Такой подход имеет ряд недостатков: введенное расписание нельзя транслировать для совместному доступа к нему других студентов той же группы, актуальность расписания и внесение в него свежих правок отслеживается пользователем и не гарантируется приложением;

2) представляют расписание вводимое администратором (владельцем приложения), но предоставляющие старостам групп права на его редактирование. Здесь ответственность за обновление лежит на старостах групп, выполняющих роль модератора, отсутствует контроль за качеством его правок, нет защиты от вандализма, присутствуют проблемы идентификации старост групп.

Выше описанными недостатками не обладает подход, при котором расписание автоматически генерируется из базы данных института, и в процесса эксплуатации редактируется и обновляется в автоматическом (либо автоматизированном) режиме из сети.

В Политехническом институте расписание выкладывается на сайте в свободном доступе в виде документов Excel разбитых по курсам каждого факультета. Такие файлы заполняются сотрудниками бюро расписаний по шаблону и как следствие их структура неизменя: пример типовой структуры приведен на рисунке 1.

Day	Time	Name	190100.62 Наземные транспортно-технологические комплексы	1906 Эксплуатация транспортно-техн
7	8.30 - 10.05	1	ФТ14-01Б	ФТ14-02Б 1 подгруппа
		2	Физическая культура	Физическая культура
14	10.15 - 11.50	1	Универсальная геометрия и инженерная графика	Иностранный язык
		2	Математика (специор)	Иностранный язык
20	12.00 - 13.35	1	Математика	Математика
		2	Математика	Математика
27	14.10 - 15.45	1	Математика (специор)	Математика
		2	Математика	Математика

Рисунок 1. пример структуры Excel файлов, содержащих расписание занятий



Учитывая всё вышесказанное была сформулирована цель работы: упаковать расписание занятий в удобный для передачи, распаковки и дальнейшего использования формат.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. выбрать кроссплатформенный формат, пригодный для передачи текстовой информации, структурированной в виде объектов и массивов.

2. скачать файлы EXCEL содержащее расписание занятий с сайта университета: <http://www.edu.sfu-kras.ru/timetable>

3. перевести расписание занятий из EXCEL-файла в формат выбранный в первом пункте.

4. загрузить форматированный файл на сервер с доступом по прямой ссылке.

Для подобных задач самый подходящий для этого формат JSON разработанный Дугласом Крокфордом (компания Ecmа International), который имеет текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript. JSON легко читается людьми.

JSON-текст представляет собой (в закодированном виде) одну из двух структур: набор пар ключ, упорядоченный набор значений (массив). Большинство наиболее распространённых RAD-сред, таких как Codegear Delphi, Android Studio, Visual Studio и т.п. имеют классы для упаковки и расшифровки данных JSON. Таким образом JSON формат является кроссплатформенным.

Для решения второй задачи, нужно спарсить /1/ содержимое страницы сайта, на которой расположены веб-элементы для получения прямых ссылок на загрузку файлов с расписанием. Парсинг - это автоматическая обработка текста с целью вычленения нужных данных для дальнейшего их использования.

Для получения прямых ссылок на файлы с расписанием занятий необходимо распарсить html-код страницы <http://www.edu.sfu-kras.ru/timetable>. Чтобы проанализировать код страницы необходимо открыть сайт в браузере Google Chrome и нажав правой клавишей мыши на пустом месте, выбрать пункт «Просмотр кода страницы». Здесь можно увидеть что прямые ссылки содержатся в строках вида:

```
<td class='table-center'><a href='http://www.edu.sfu-kras.ru/sites/edu.sfu-kras.ru/files/timetables/1_kurs_PI_MTF_06.02.2015.xls?6405'>
```

Т.е. задача распадается на следующие этапы:

1) Загрузить html-код страницы, зная её URL с помощью компонента IdHTTP из вкладки Indy Clients

2) Необходимо найти в коде страницы все строки приведённого выше формата

3) необходимо отсечь весь текст (включительно) до токена: `<td class='table-center'><a href='`

4) необходимо отсечь весь текст (включительно) после токена `?6405'>`

5) из полученного списка файлов нужно выбрать только имена файлов групп Политехнического института. Их можно отличить по следующему признаку: на местах 8, 9 и 10 символа будет стоять строка "PI_" или "FE_".

Ниже представлен результат подпрограммы парсинга сайта с входным параметром URL-адреса страницы расписания занятий и выходным списком имен, скачиваемых файлов (Рисунок 2). Подставив имя файла после строки

["http://www.edu.sfu-kras.ru/sites/edu.sfu-kras.ru/files/timetables/"](http://www.edu.sfu-kras.ru/sites/edu.sfu-kras.ru/files/timetables/) получим прямые ссылки на загрузку файлов.



```

1_kurs_FE_24.01.2015.xls
1_kurs_FE_25.01.2015_magistry.xls
1_kurs_PI_FT_08.03.2015.xls
1_kurs_PI_MTF_06.02.2015.xls
2_kurs_FE_25.01.2015.xls
2_kurs_PI_FT_0.xls
2_kurs_PI_FT_05.02.15.xls
2_kurs_PI_MTF_19.02.15_.xls
3_kurs_FE_25.01.2015.xls
3_kurs_PI_FT_12.02.2015.xls
3_kurs_PI_MTF_06.02.2015.xls
4_kurs_FE_26.01.2015.xls
4_kurs_PI_FT02.02.15.xls
4_kurs_PI_MTF_12.02.2015.xls
5_kurs_PI_MTF.xls

```

Рисунок 2. Пример имен файлов с расписанием занятий

Для перевода данных из файла Excel в формат JSON [2] необходимо получить доступ к содержимому Excel-файла с помощью технологии ActiveX и обработать его по следующему алгоритму: нужно найти ячейку с именем 'Часы'; в столбце, где расположена эта ячейка будет находиться начало и конец занятия, а в следующей строке будут располагаться названия групп. Последняя строчка в столбце, хранящем время начала и конца занятий будет длиннее всех остальных в этой колонке, номер этой строки нужно сохранить, он понадобится позже.

Далее переносим данные из файла в компонент TStringGrid до тех пор, пока ячейка в строке, где находятся названия групп не окажется пустой, это будет номер последнего записанного столбца.

На пересечении ячейки с временем начала и конца занятия и группы будет находиться название предмета, на строку ниже будет написана фамилия преподавателя, а ещё на строку ниже кабинет, где пройдет занятие. В дальнейшем с помощью методов классов TJSONObject, TJSONArray и TJSONValue эти данные записываются в массив JSON (Рисунок 3). Для записи данных JSON в Codegear Delphi нужно подключить библиотеку DBXJSON.pas

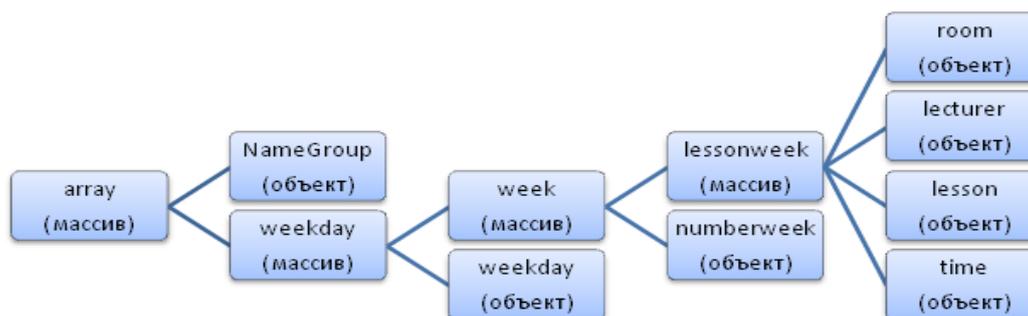


Рисунок 3. Структура JSON объекта

Таким образом были решены задачи с выбором кроссплатформенного формата, пригодного для передачи данных, а также с загрузкой файлов Excel содержащих расписание занятий и переводом расписания занятий из EXCEL-файла в формат JSON. Полученный файл формата JSON будет отправлен через протокол TCP в мобильное приложение

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРОДАЖИ ИННОВАЦИОННЫХ ПЕРЕДАТОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Зинарев М А

научный руководитель Иптышев А.А.

Сибирский федеральный университет

Создание промо-сайта сегодня является приоритетной задачей всех компаний, нацеленных на динамичное развитие своего бизнеса. Создание рекламных сайтов с применением новейших веб-технологий и грамотное их продвижение в Сети открывает перед компаниями широкие возможности для привлечения новых покупателей. Разработка промо сайта с интересным и уникальным дизайном зачастую играет ведущую роль в процессе увеличения продаж – это двигатель успеха и процветания любой компании, которая нацелена на сбыт своих товаров и услуг.

Цель проекта: Разработка информационной системы с использованием веб-технологий на основе методик, алгоритмов, программ проектирования передач с малой разностью чисел зубьев малогабаритных приводов.

При разработке информационной системы, учитывались критерииметодики оценки сайтов, утвержденной Советом Федерации Федерального Собрания Российской Федерации[1].

Целевая аудитория информационной системы, определена при помощи данных, полученных в дипломном проекте Большаковой А. Н.

В качестве программного обеспечения для разработки, выбрана система управления контентом Joomla!. Выбор произведен с помощью методики оценки CMS, созданной аналитиками портала <http://cmslist.ru/>[2].

Процесс достижения цели можно разбить на пять этапов:

а) информационный поиск технологий, алгоритмов, методик, достаточных для достижения цели. Этап включает в себя выбор и последующую оценку ресурсов – ориентиров, определение и опрос целевой аудитории, выбор подходящего программного обеспечения;

б) создание структуры веб-ресурса, основываясь на данных информационного поиска. Этап включает в себя определение необходимого функционала ресурса и создание его иерархической схемы;

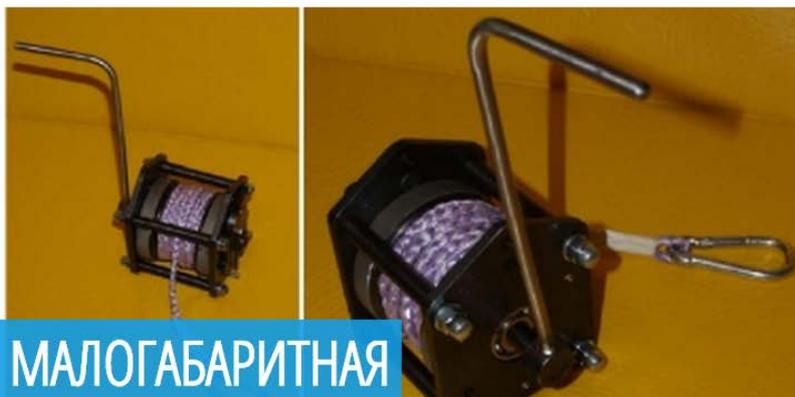
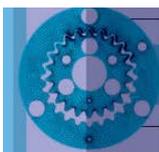
в) создание локальной версии веб-ресурса. Этап включает в себя установку и настройку локального сервера, системы управления контентом, необходимых модулей к ней, а также, наполнение сайта содержимым;

г) создание расчетного модуля. Этап включает в себя проектирование базы данных и интерфейса расчетного модуля;

д) перенос ресурса на удаленный сервер. Этап включает в себя регистрацию доменного имени ресурса, передачу файлов ресурса на сервер с использованием FTP-протокола и настройку конфигурационных файлов ресурса в соответствии с настройками сервера.

Главная страница веб-ресурса изображена на рисунке 1





ЛЕБЕДКА МАЛОГАБАРИТНАЯ

Характеристики: Тяговое усилие 500 кгс, Канатоемкость 10000 мм, Цена 3000 руб, Масса лебедки (без каната) 6 кг.

Рисунок 1. Главная страница веб-ресурса

Основная особенность данного передаточного механизма, заключается в том, что отношение требуемого усилия на рукоятке лебедки к тяговому усилию на крюке ниже, чем у аналогов.

Модуль для расчета требуемого усилия на рукоятке лебедки предназначен для подчеркивания этой особенности механизма. Модуль представляет собой калькулятор, связанный с базой данных MySQL. Расчет ведется по формуле

$$F_{тр} = (m \sin \alpha + \mu m \cos \alpha) * \frac{F_{рmax}}{F_{кmax}} \quad (1),$$

где m – масса автомобиля;

μ - коэффициент трения;

α – угол наклона дорожного покрытия;

$\frac{F_{рmax}}{F_{кmax}}$ – передаточное число механизма лебедки

Коэффициент трения и угол наклона, находятся в справочных таблицах базы данных. Для удобства пользователя, в расчетном модуле, используется параметр «Ситуация», представляющий из себя комбинацию обоих элементов формулы. Интерфейс расчетного модуля представлен на рисунке 2.

Расчет требуемого усилия на рукоятке лебедки

Модель лебедки (*)	ЛМ-001 ▼
Масса автомобиля (*)	От 1500 до 2500 кг ▼
Ситуация (*)	Простая (неглубокий снег, гололед) ▼
Требуемое усилие на рукоятке, Н	115.00

Рисунок 2. Модуль расчета требуемого усилия на рукоятке лебедки

В ходе выполнения проекта, разработан веб-ресурс, предназначенный для продвижения инновационного передаточного механизма.

Необходимое для разработки программное обеспечение, выбрано на основании данных, полученных в результате информационного поиска технологий создания веб-ресурсов.

Произведен информационный обзор аналогичных ресурсов, для оценки готовых решений в области дизайна, структуры и функционального наполнения ресурсов. Дизайн и структура веб-ресурса выполнены с учетом требований выбранной методики оценки сайтов[1].

Список литературы

1. Сайт «Совет Федерации Федерального Собрания РФ» [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://archiv.council.gov.ru/events/konkurs/metodika/>
2. Сайт «CMSList.ru» [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://cmslist.ru>.



ИССЛЕДОВАНИЕ НА СТАТИЧЕСКУЮ И ДИНАМИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ НАДРАМНИКА, СПРОЕКТИРОВАННОГО ДЛЯ УСТАНОВКИ МАНИПУЛЯТОРА НА ТРАКТОР ТТ4

Зосько В. Н., Мухо В. И.,

научные руководители: к. т. н., доцент каф. КТОМСП Брюховецкая Е. В.,
к. т. н., доцент каф. ПМ Конищева О.В.

Сибирский федеральный университет

Основные задачи исследования:

1. Разработать конструкцию надрамника, позволяющую сохранить лебедку за кабиной трактора ТТ4 при установке на него манипулятора СФ-65С;
2. Выполнить исследование на статическую и динамическую прочность надрамника с помощью программы SOLID WORKS Simulation.

Статические исследования в программе SOLID WORKS Simulation позволяют получить картины распределения перемещений, деформаций, напряжений и коэффициента запаса прочности в исследуемом объекте. Опасным является то сечение объекта исследования, в котором перечисленные параметры приобретают максимальные значения.

Лесозаготовками занимаются люди по всему миру, так как это одна из важнейших отраслей хозяйства, позволяющая обеспечить нормальную жизнедеятельность человека. Натуральная древесина необходима для строительства домов, производства бумаги, мебели.

Очень важным оборудованием для лесозаготовок является трелевочный трактор. Трелевочные тракторы предназначены для проведения трелевки деревьев от места, где проводится заготовка до места, где дерево будет разделяться или же до склада.

На рисунке 1 приведен объект исследования – надрамник.

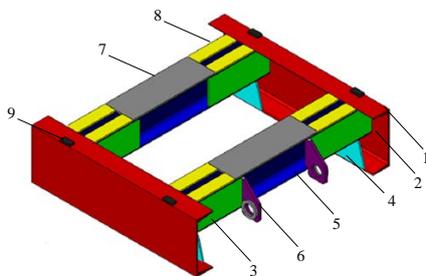


Рисунок 1 – Объект исследования – надрамник: 1 – балка продольная; 2 – балка поперечная; 3 – пластина боковая; 4 – пластина нижняя; 5 – пластина у втулки; 6 – втулка; 7 – пластина верхняя; 8 – пластина нагруженная; 9 – упор

Исследование на статическую прочность

Очень важно при исследованиях правильно составить расчетную схему надрамника. На рисунке 2, а приведен объект исследования – надрамник, входящий в систему: трактор – надрамник – манипулятор.

Все исследования (динамический и статический анализы) проводятся над одной и той же сборкой, созданной в программе SOLID WORKS.

Первым шагом статического анализа надрамника является выбор материала. Принимаем литую углеродистую сталь. Её характеристики представлены в табл. 1, 2.

Второй шаг – нагружение надрамника распределённой нагрузкой (рис. 3, б), возникающей от действия сосредоточенной силы $F_{max} = 45$ кН, приложенной к стреле манипулятора (рис. 2, б). Для исследования выбрано наиболее опасное положение стрелы манипулятора – это положение стрелы сбоку.

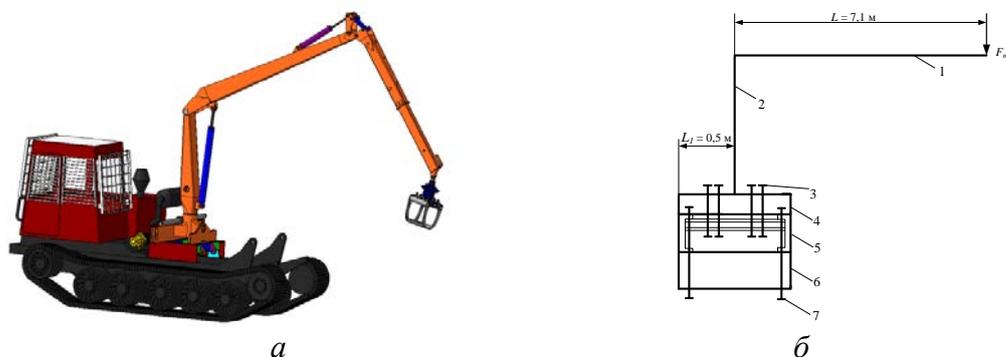


Рисунок 2 – Объект исследования – система: трактор – надрамник – манипулятор

Таблица 1. Характеристики материала

Имя тела	Материал	Масса(кг)	Объем(м ³)
Надрамник	Литая легированная сталь	162,5	0,021102

Таблица 2. Характеристики материала

Имя свойства	Значение	Единицы измерения	Тип значения
Модуль упругости	$2 \cdot 10^{11}$	Н/м ²	Постоянный
Коэффициент Пуассона	0,32	Безразмерная величина	Постоянный
Модуль сдвига	$7,6 \cdot 10^{10}$	Н/м ²	Постоянный
Массовая плотность	7800	Кг/м ³	Постоянный
Предел прочности при растяжении	$4,82 \cdot 10^8$	Н/м ²	Постоянный

Третий шаг – фиксация надрамника (рис. 3, а).

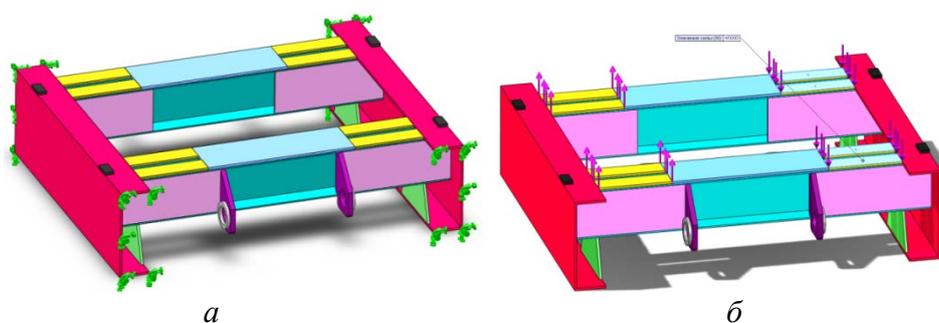


Рисунок 3 . Фиксация надрамника и распределение силы (стрела сбоку)

В ходе статического и динамического исследований надрамника в программе SOLID WORKS Simulation были получены следующие результаты.

На рисунке 4, а показано распределение напряжений. На рисунке 4, б показано распределение перемещений.

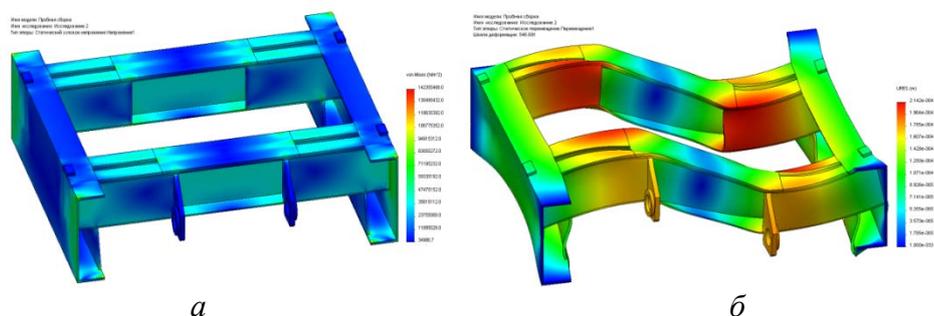


Рисунок 4. Распределение напряжений и перемещений (стрела сбоку)

На рисунке 5, а, б показано распределение деформаций и коэффициента запаса прочности соответственно.

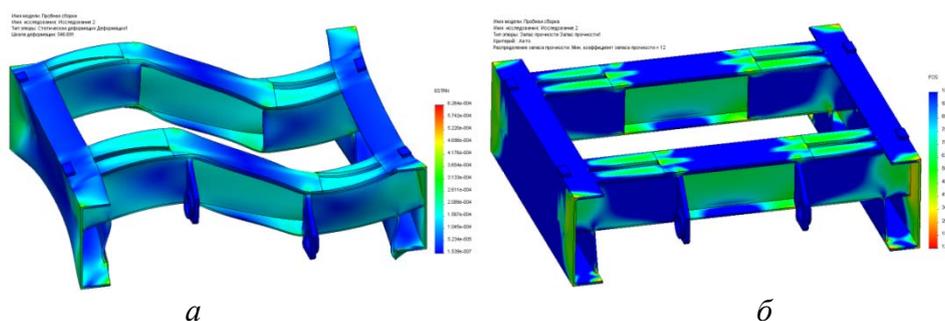


Рисунок 5. Распределение деформаций (стрела сбоку) и коэффициента запаса прочности

Исследование на динамическую прочность

Динамический анализ надрамника выполняется на той же модели и с теми же нагрузками.

На рисунке 6 показано распределение напряжений и деформаций в надрамнике при действии динамических нагрузок.

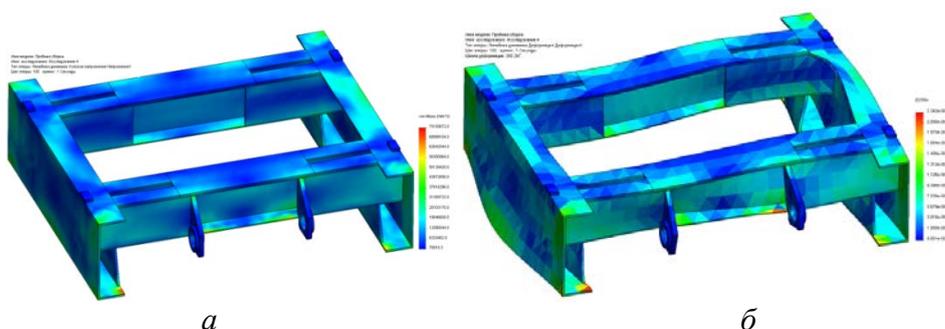


Рисунок 6. Распределение напряжений и деформаций (стрела сбоку)

На рисунке 7 показано распределение перемещений в надрамнике при действии динамических нагрузок.

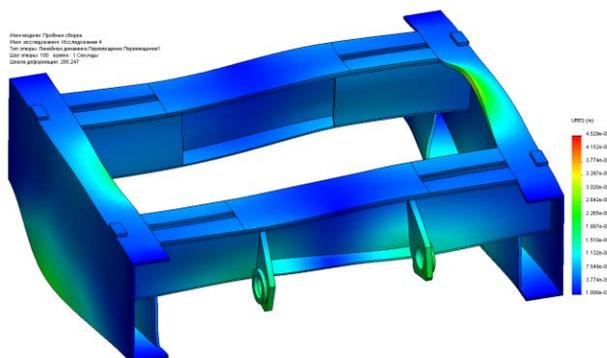


Рисунок 7. Распределение перемещений (стрела сбоку)

Заключение

При статическом исследовании надрамника в SOLID WORKS Simulation были определены максимальные напряжения $\sigma_{\max} = 163 \text{ МПа}$.

По условию прочности для случая (стрела сбоку) устанавливаем, что $\sigma_{\max} = 163 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 177 \text{ МПа}$. Величина σ_{\max} меньше допускаемого напряжения $[\sigma]$ на 7,9%, следовательно, прочность надрамника обеспечена.

При динамическом исследовании надрамника в SOLID WORKS Simulation были определены максимальные напряжения $\sigma_{\max} = 133 \text{ МПа}$.

По условию прочности для случая (стрела сбоку) устанавливаем, что $\sigma_{\max} = 133 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 127 \text{ МПа}$. Величина σ_{\max} больше допускаемого напряжения $[\sigma]$ на 4,7%, что допустимо (перенапряжение допускается до 5 %), следовательно, прочность надрамника обеспечена.

Вывод: прочность надрамник при статическом и динамическом нагружении обеспечена.

Список литературы

1. Степанов, И. С. Автомобили и тракторы: М. издательство МГТУ "МАМИ" 2002г. с. 230
2. Александров, В.А. Моделирование взаимодействия лесных машин с предметом труда и внешней средой: Учебное пособие для студентов лесомеханического факультета. – Л.: ЛТА, 1987, 84 с.
3. Ремонт крановых металлоконструкций. / Е.М. Концевой, Б.М. Розенштейн; – М.: Машиностроение, 1979. – 206 с.
4. Жуков, А.В. Проектирование лесопромышленного оборудования. / А.В. Жуков. – М.: Минск, 1990. – 125 с.
5. SolidWorks, [URL] ресурс <http://help.solidworks.com/>

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Кадочников В. В.,

научный руководитель канд. техн. наук Морозов Д. И.

Сибирский федеральный университет

В настоящее время, когда мобильные технологии завоевывают всё большую популярность, возникает потребность в разработке инженерных приложений для современных операционных систем, таким как Android и iOS. В данной статье будет описано разработанное мобильное приложение по подбору посадки гладких отверстий. Данная тема была выбрана по ряду причин:

1. Создание приложения в сфере машиностроения содержит ряд особенностей:

- Насыщенность подобных приложений математическими расчетами;
- Обязательное присутствие базы данных с табличными значениями взятыми из того или иного ГОСТ.

2. Данная область приложений еще только развивается, из этого следует, что программисту будет гораздо легче выйти на рынок и не быть вытесненным конкурентами из него;

3. Развитие приложений в сфере машиностроения способствуют повышению эффективности инженерного образования, так как они в перспективе смогут заменить студентам справочники.

Была поставлена задача создать приложение в недавно анонсированной среде разработки Google - Android Studio, которое будет подбирать допуски и посадки, обеспечивающее следующий функционал:

1. Подбор интервала допуска из базы данных по входным параметрам.
2. Расчет допуска .

Перед началом создания приложения необходимо проработать алгоритм работы приложения и логику взаимодействия приложения с пользователем. Алгоритм подбора допуска представлен на рисунке 1.

Данное приложение содержит базу данных, в которую включены таблицы полей допусков. Таблицы не являются связанными друг с другом, поскольку описывают сходные сущности. Сложность данной задачи приходилась в том, что возникла необходимость подключить к приложению уже созданную базу данных. Данная ситуация была решена по средствам создания пустой базы данных на мобильном устройстве и переносе информации из таблиц ГОСТ в созданную базу.

После разработки алгоритма и подключения базы данных необходимо создать интерфейсную часть приложения, то есть внешний вид программы и её стилизацию, защиту от некорректного ввода, локализацию приложения. В защите от некорректного ввода проверяются следующие варианты ошибок: не существование допуска для выбранных пользователем параметров и слишком большой диаметр. Данные ошибки обрабатываются через оператор обработчики исключительных ситуаций `try{ }catch(Exception){}`.



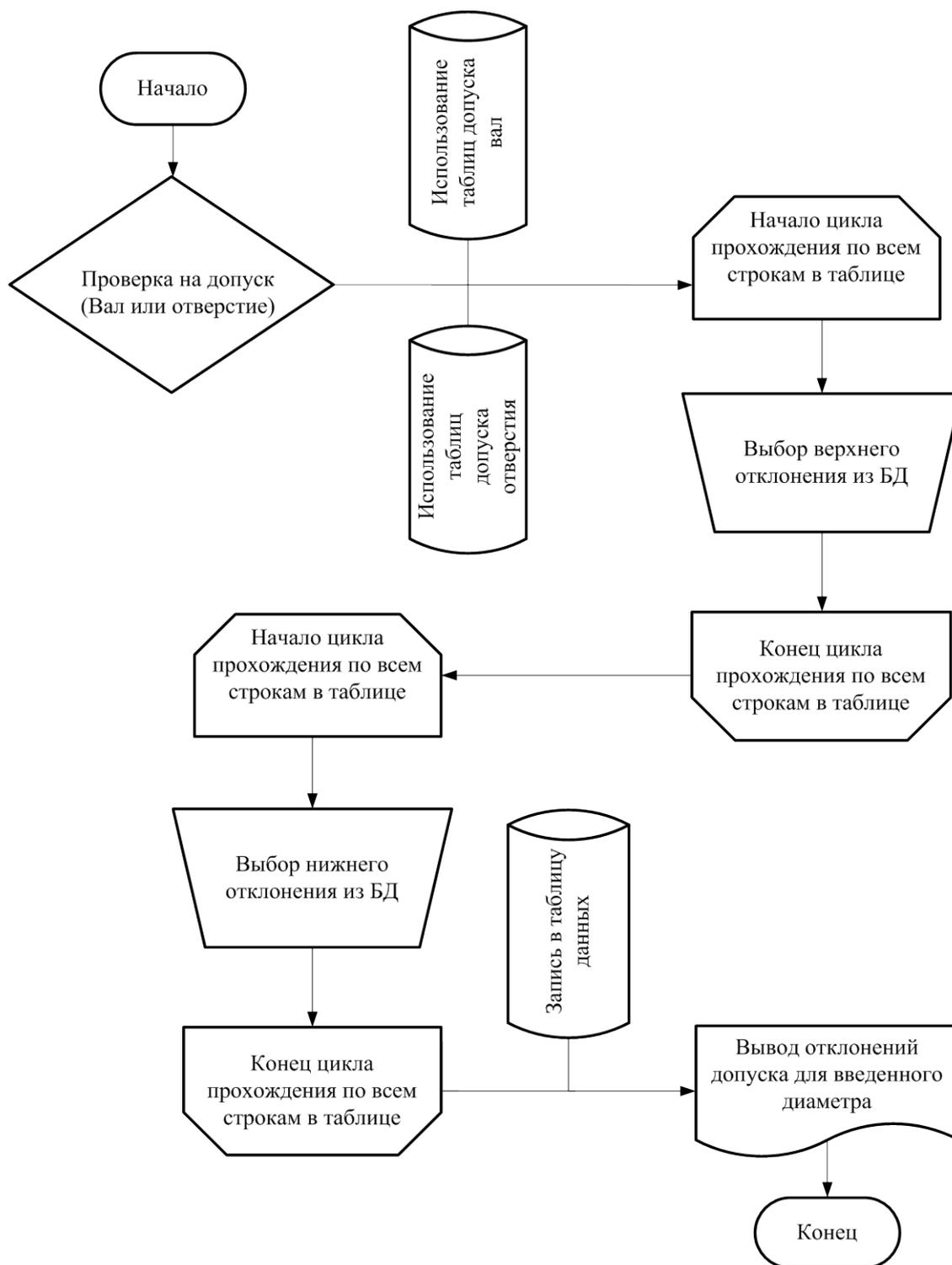


Рисунок 1. Алгоритм приложения

Для добавления русской локализации необходимо создать новый подкаталог **values-ru** в каталоге ресурсов **res** и создать в нём **XML**-файл **strings**. В этот файл можно добавить перевод всех строковых значений на русский язык. При разработке структуры интерфейса самым важным является рациональное расположение кнопок и обеспечение поддержки экранов любых разрешений и размеров. Так как для данного приложения нет смысла поддерживать альбомную ориентацию, ее следует запретить. Данное действие совершается в файле **AndroidManifest.xml**. В нем содержится все на-

стройки необходимые для функционирования приложения. Для поддержания портретного режима необходимо в активность добавить `android:screenOrientation="portrait"`. В результате интерфейс приложения представлен на рисунке 3.

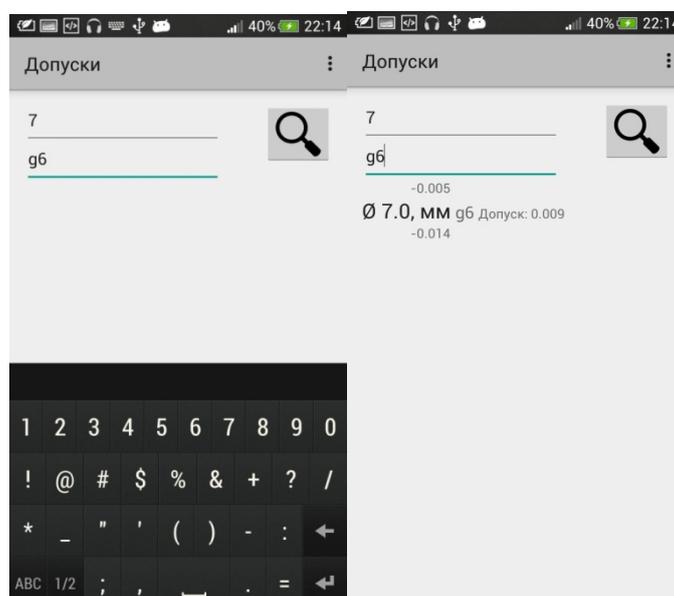


Рисунок 2. Интерфейс приложения

Так же важной составляющей является полная реализация жизненного цикла приложения. Так, например, в данном приложении были переопределены методы активности `onPause`, `onResume`, `onCreate`. На `onPause` происходит остановка приложения, запись введенных данных в файл конфигурации, сохраняемый на устройстве в папке приложения и переход в фоновый режим. На `onResume` происходит запуск приложения, находящегося в фоновом режиме и загрузка последних введенных данных в текстовые поля из файла конфигурации. На `onCreate` в этом методе загружается пользовательский интерфейс, размещаются ссылки на свойства класса, связанные с элементами управления.

В эру быстрого развития информационных технологий необходимо совершенствовать получения информации, делать ее более интерактивной и легко доступной. Поэтому возникает потребность в переносе инженерных расчетов и информации из ГОСТ на мобильные платформы. Для начинающего разработчика это дает много возможностей для создания собственных приложений в данной отрасли, так как она только начинает развиваться.

Список литературы

1. ГОСТ 25347-82 «ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК. ПОЛЯ ДОПУСКОВ И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПОСАДКИ»
2. П.Дейтел, Х.Дейтел, Э.Дейтел, М. Моргано Android для программистов/ Пер. с англ. - М.: Издательский отдел «Питер» ТОО «Prentice Hall», 2013.



ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТ И ФОРМ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТОРЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА

Карпенко Е. В.

научный руководитель канд. техн. наук, профессор Головин М. П.

Сибирский федеральный университет

Низкоскоростной торцевой синхронный генератор, как в установившемся режиме работы, так и в переходных режимах (пуск, останов, изменение режима вращения) испытывает действие периодических сил, являющихся причиной вибрации. Источниками вибрации, как правило, являются: неуравновешенность диска ротора, неточности установки диска ротора на вал, работа на оборотах, близких к критическим, неравномерность магнитного поля в электрических машинах, возникновение автоколебаний и другое. При достижении некоторых величин вибрация может негативно сказаться на работе электрической машины и, в конечном счете, привести к поломке. Анализ колебаний динамической системы ротор – вал – опоры – корпус генератора позволит исключить выход из строя машины вследствие пагубного воздействия вибраций.

Проведение динамического анализа конструкции торцевого генератора подразумевает знание форм и частот собственных колебаний. Аналитические зависимости для вычисления собственных частот колебания диска простой формы и вала известны, однако они не учитывают особенности более сложных конструкций и позволяют оценить только первые несколько частот и форм колебаний ввиду большой размерности матриц. Традиционно размерность матриц в задачах динамики понижают, используя предположение об отсутствии взаимного влияния различных видов колебаний, то есть считается, что, например, поперечные колебания совершаются вне зависимости от крутильных и спектры соответствующих частот можно определить отдельно. Однако в сложных конструкциях при наличии комбинированных граничных условий данное предположение может не выполняться. Для таких систем целесообразно использовать конечно-элементные методы анализа.

Оценить параметры динамической модели торцевого генератора предполагается численными методами, а именно проведением в среде ANSYS Workbench модального анализа каждой детали генератора в отдельности и затем всей конструкции в целом. Использование метода конечных элементов на трехмерной модели позволит наглядно оценить формы колебаний, а так как конструкция генератора является принципиально новой разработкой, то изучение ее динамических свойств имеет еще и научно-прикладной характер.

Вне зависимости от вида колебаний (свободные или вынужденные) диск ротора характеризуется частотами и формами собственных колебаний, которые зависят только от формы диска, конструкции крепления и материала диска ротора. Изучение собственных колебаний диска ротора дает представление о его вибрационных свойствах, характере распределения вибронапряжений при резонансе, позволяет спрогнозировать возникновение резонансных режимов работы и при случае возникновения сделать отстройку конструкции от резонанса.

Рассмотрим спектр частот и форм колебаний диска ротора торцевого. Для диска с осесимметричным креплением к валу формы колебаний можно разделить на три вида: веерные колебания с узловыми диаметрами, зонтичные колебания с узловыми окружностями и смешанные колебания с узловыми диаметрами и окружностями (рисунок 1). Обозначим форму колебаний как a_{ns} , где n – число узловых диаметров, s –



число узловых окружностей. Узловые диаметры неподвижны относительно диска. Каждой форме колебаний соответствует своя собственная частота. Число узловых окружностей и узловых диаметров может быть любым целым числом [1].

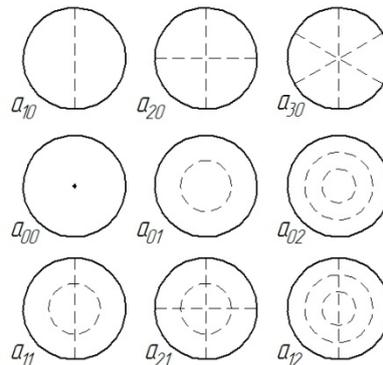


Рисунок 1. Некоторые формы собственных колебаний диска, закрепленного в центре

В зависимости от податливости опор и действующих сил вал торцевого генератора будет иметь формы колебаний трех видов – продольные, поперечные и крутильные. В роторных машинах поперечные колебания имеют решающее значение [2].

Поскольку диск ротора и вал торцевого генератора не является примером классических расчетных схем, существующие расчетно-аналитические методы нахождения собственных частот колебаний диска будут достаточно грубым приближением. Учесть в полной мере особенности конструкции и свойства материала при определении собственных колебаний позволит трехмерный модальный конечно-элементный анализ в среде ANSYS Workbench.

Список литературы

1. Иноземцев А. А., Нихамкин М. А. и др. Динамика и прочность авиационных двигателей и энергетических установок. М.: Машиностроение, 2008. Т. 4. 204 с.
2. Кельзон А. С., Журавлев Ю. Н., Январев Н. В. Расчет и конструирование роторных машин. М.: Машиностроение, 1977. 288 с.

ТЕПЛОВЫЙ РАСЧЕТ ПРИНУДИТЕЛЬНО ОХЛАЖДАЕМОГО ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Козлова Н. И.

научный руководитель Лукин Р.С.

Сибирский федеральный университет

Тепловой расчет червячных редукторов является сложной задачей. Стандартные формулы используют справочные коэффициенты, основанные на экспериментальных данных для типоразмеров редукторов ограниченным межосевым расстоянием 250 мм. Для корпусов, имеющих большие размеры, высокую передаваемую мощность, рекомендации не представлены. Выбор значений этих коэффициентов часто затруднен и не может нам сказать о действительной мощности системы охлаждения. С помощью программного пакета ANSYS Workbench и входящего в него модуля CFX можно производить тепловой анализ редуктора с учетом конвекционных явлений, то есть учитывать массоперенос воздуха.

На данный момент существуют несколько способов охлаждения [1]. Основные способы искусственного охлаждения: воздушное охлаждение с помощью вентилятора, встроенного в корпус редуктора (коэффициент теплоотдачи при этом способе $K_t = 20 \dots 28$ Вт/(м²град); водяное охлаждение с помощью змеевика с проточной водой, встроенного в корпус редуктора (коэффициент теплоотдачи при этом способе $K_t = 70 \dots 100$ Вт/(м²град); циркуляционное охлаждение масла с применением специальных холодильников. Наиболее простой в реализации это установка специальной крыльчатки на свободном конце червяка.

Расчетная схема состоит из корпуса редуктора и окружающего его воздуха. Для учета циркуляции воздуха через систему охлаждения введен специальный элемент имитирующий вентилятор (рисунок 1). Через него нагнетается воздух в полость редуктора, создаваемую кожухом. Корпус располагается на лапах, на твердой поверхности. В данном случае рассчитывается наихудший случай: теплоотвод в бетонное основание. Крыльчатка червяка не моделируется, так как это приведет к резкому росту объема задачи. Реализация модели проводится в пакете для анализа гидродинамики, с помощью решателя ANSYS CFX. Данный решатель использует сетку конечных элементов (числовые значения в узлах сетки), схожую с теми, что используется в анализе прочности, для дискретизации области [2].

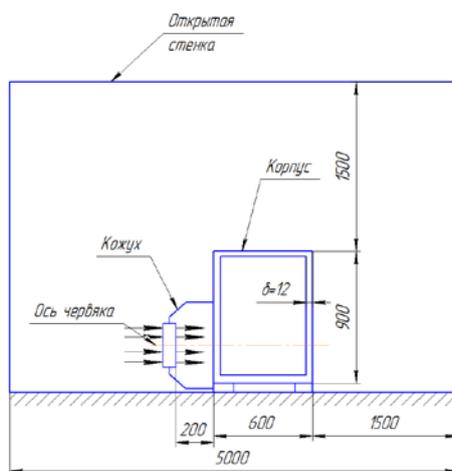


Рисунок 1. Расчетная схема

Далее описана методика расчета червячного редуктора в пакете ANSYS Workbench. В модуле для построения сетки в зоне соприкосновения воздуха и корпуса моделировалось сгущение сетки для учета высокого роста градиента скорости. Также было настроено автоматическое создание контактных пар. В препроцессоре модуля CFX создан «твердый» домен для задания свойств материала корпуса, материал корпуса задан алюминий; создан «жидкий» домен для моделирования свойств воздуха. Для «жидкого» домена указано, что используется модель воздуха «Air at 25 C» позволяющая учесть изменение плотности воздуха при его нагревании; для учета действия гравитации настроена опция «Buoyancy» с указанием направления вектора ускорения свободного падения и справочной температуры 40 C. Для модели жидкости указано, что учитывается перенос тепла с помощью установки опции Heat Transfer = Thermal Energy. Для моделирования вентилятора создано два граничных условия на входе и выходе полости вентилятора: Inlet и Outlet. Для обоих граничных условий задана одинаковая скорость входа и выхода: 2 м/с. Температура нагнетаемого воздуха вентилятором задана равной средней температуре поглощаемого воздуха вентилятором с помощью уравнения «massFlowAve(Temperature)@Outlet». Для моделирования свободного истечения воздух через верхнюю часть модели задано ГУ Opening, позволяющие свободно вытекать и затекать воздуху. Для корпуса на донной части задано условие генерации тепла. Задача считается в симметричной постановки, где плоскость симметрии проходит вдоль оси вращения червяка.

На рисунке 2 представлена картина распределения скоростей в полости червяка. Видно что различные элементы задают локальное повышение скорости воздушного потока. Так же видно как воздух обтекает оребрение корпуса, что существенно увеличивает «эффективную» площадь редуктора.

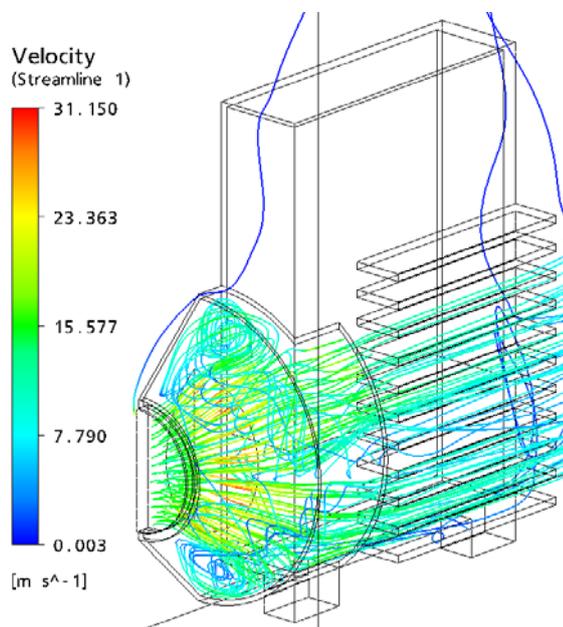


Рисунок 2. Изолинии значения скорости при скорости нагнетания воздуха 15 м/с

На рисунке 3 представлены поля температур при различных значениях скорости нагнетаемого воздуха. Максимум температуры при этом сосредоточен в донной части. На рисунке 4 представлена зависимость максимальной температуры от скорости нагнетаемого воздуха. Видно что зависимость сильно нелинейная и что при скорости 15 м/с

температура корпуса меньше критического значения 95 °С при масле в картере редуктора может прийти в негодность.

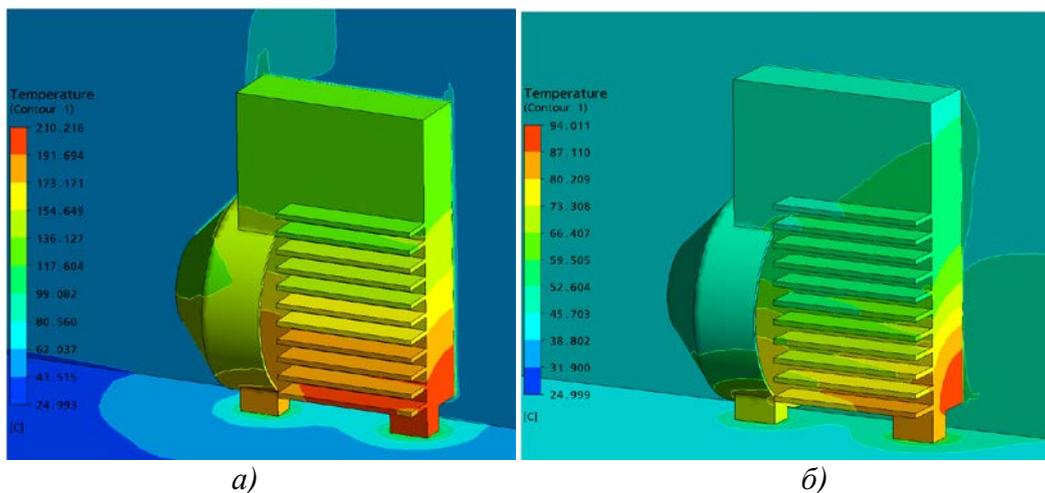


Рисунок 3. Значения температуры поверхности корпуса, °С: а – при естественном охлаждении; б – при величине нагнетаемого воздуха 15 м/с

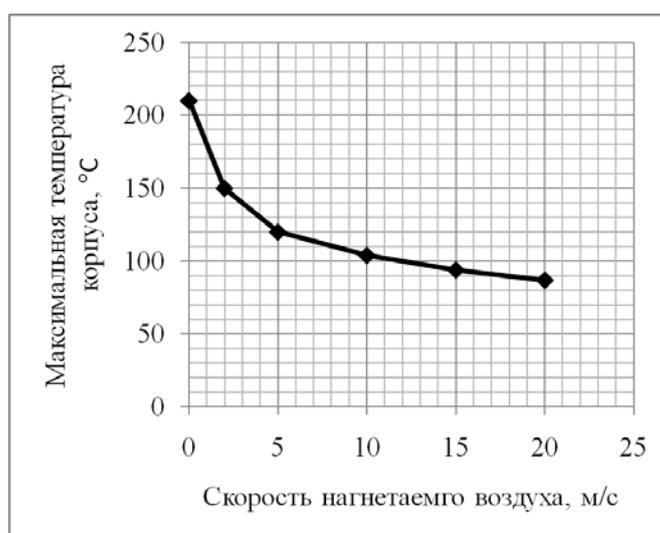


Рисунок 4. Зависимость максимального значения температуры от скорости нагнетаемого воздуха, °С

В результате работы была создана расчетная модель для определения температурного режима редуктора. В ходе расчета учитывались следующие факторы: геометрические размеры и материал корпуса; скорость подачи воздуха вентилятором; температура окружающей среды; потери на тепло редуктора. Были получены следующие данные: температурные поля, скорость и направление течения воздуха. В дальнейшем, при завершении конструирования редуктора можно заложить точную геометрию корпуса и электродвигателя.

Список литературы

1. Дунаев П.Ф. Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин.-Москва: АСАДЕМА, 2007.
2. ANSYS CFD, Решатели гидрогазодинамики общего назначения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cae-expert.ru/product/ansys-cfd> (дата обращения: 08.04.2015).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ОСНОВАНИЯ АНТЕННЫ МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

Коркин О. Е.

научный руководитель канд. техн. наук Колбасина Н. А.

Сибирский федеральный университет

Системы слежения применяются на различных военных объектах для решения задач управления, ориентации и навигации.

Морская гиростабилизированная антенна, покрытая обтекателем, обеспечивает автоматическое наведение на заданный спутник связи, удержание направления на него, прием и передачу широкополосного сигнала, даже при движении, маневрировании судна в условиях продольной и поперечной качки. Этими условиями обусловлена сложность конструкции основания конструкции антенны морского базирования, поскольку она должна обеспечивать наличие не менее трех угловых степеней свободы.

При проектировании и дальнейшем исследовании качественных характеристик, в том числе и конечно-элементными методами, такой антенной системы необходимо обеспечить возможность интерактивного изменения конструктивных особенностей (изменение длин и положения секций), поскольку ручная перестройка модели основания антенны, для решения различных задач очень трудоемка и требует наличие достаточной квалификации исполнителя.

Следовательно, становится **актуальным** разработка автоматизированного процесса построения расчетной конечно-элементной модели основания антенны корабельного базирования с учетом различного конструктивного исполнения

На рисунке 1 представлена конструкция антенно-фидерного устройства (АФУ), рассмотренная в рамках данной работы, предназначенная для обзора верхней полусферы, имеющая три степени свободы.

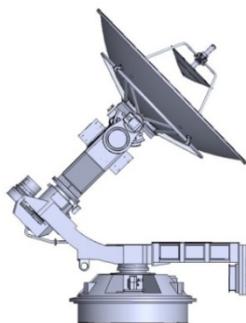


Рисунок 1. Антенно-фидерное устройство

Для разработки автоматизированного процесса построения расчетной модели основания антенны предлагается использовать конечно-элементные методы моделирования в САЕ среде ANSYS, которые позволят улучшить качество результатов расчета и существенно сократить время решения задачи. Язык параметрического проектирования программы ANSYS (APDL) дает возможность автоматизировать процесс за счет такой организации программы, когда решение принимается на основе установленных соотношений, значений переменных и критериев.

Параметризация, а именно замена числовых констант в расчётной схеме на математические выражения, по которым вычисляются необходимые величины, позволяет

не только сократить время внесения изменений, но и уменьшить вероятности появления ошибок в расчётной схеме, за счёт того, что контролируется меньшее число величин.

Первый этап решения задачи – разработана математическая модель, цель которой является: определение рекомендуемых размеров разных узлов конструкции основания антенного устройства по входным параметрам. На рисунке 2 представлена схема модели с введенными переменными.

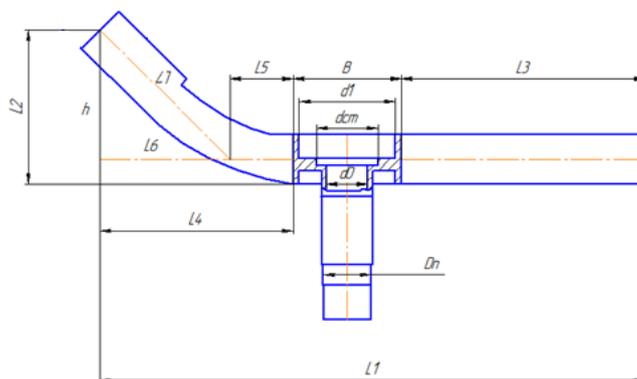


Рисунок 2. Схема с введенными переменными

Второй этап - разработка программного продукта, осуществляющего генерацию LogFile на языке параметрического проектирования программы ANSYS (APDL) с учетом заданных параметров.

Третий этап - построение геометрии основания антенного устройства с помощью LogFile. На рисунке 3 представлена конечно-элементная модель основания антенны корабельного базирования.

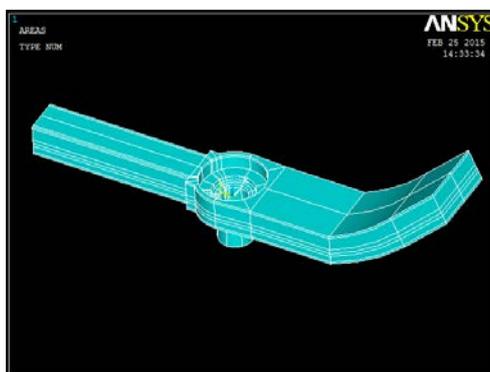


Рисунок 3. Конечно-элементная модель основания антенны корабельного базирования.

Список литературы

1. Басов, К. А. ANSYS в примерах и задачах /К. А. Басов; под общей ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – С. 224.
2. Алексеев, Г.М. Особые случаи морской практики / Г.М. Алексеев. – Москва: Морской транспорт, 1959.
3. Косилова А. Г., Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: в 2-х т. С74 Т.2 / Мещерякова Р.К. Издательство: Машиностроение, 1986. - 496 с.



РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ВИДЕ РАСЧЕТНОГО МОДУЛЯ

Михайлов А.А.

научный руководитель канд. техн. наук Спирин Е.А.

Сибирский федеральный университет

Топологическая оптимизация (topology optimization)— математический подход, решающий проблему оптимального распределения материала в ограниченном пространстве с учетом действующих нагрузок и граничных условий таким образом, чтобы решение удовлетворяло требуемым условиям. При этом анализ конструкции выполняется методом конечных элементов, в то время как сама оптимизация может выполняться одним из методов оптимизации.

Данный вид оптимизации используется на стадии разработки первоначальной концепции конструкции. Полученное оптимальное решение затем модифицируется и «доводится» с учетом функциональных и технологических требований. Это позволяет сэкономить время на первоначальном этапе проектирования.

Зачастую, полученные в результате оптимизации, конструкции, хотя и являются оптимальными, могут быть слишком дороги или сложны в производстве. Фактически, в основном, оптимизация сводится к уменьшению веса конструкции путём удаления, наименее вовлеченного в работу материала.

Для решения задачи топологической оптимизации был разработан алгоритм, работающий с использованием пакетов Matlab, а именно PDEToolbox и OptimizationTool. Для проведения структурного анализа в PDEToolbox используется система скалярных эллиптических уравнений:

$$\begin{aligned} -\operatorname{div}(c_{11} \cdot \operatorname{grad} u_1 + c_{12} \cdot \operatorname{grad} u_2) + a_{11} \cdot u_1 + a_{12} \cdot u_2 &= f_1 \\ -\operatorname{div}(c_{21} \cdot \operatorname{grad} u_1 + c_{22} \cdot \operatorname{grad} u_2) + a_{21} \cdot u_1 + a_{22} \cdot u_2 &= f_2 \end{aligned} \quad (1)$$

где u_1, u_2 — искомые скалярные поля; c, a, f — скалярные коэффициенты системы PDE.

PDETool поддерживает три варианта граничных условий: граничные условия первого рода (Дирихле), граничные условия второго рода (Неймана) и смешанные (Mixed). Условия Дирихле имеют вид:

$$[h] \cdot [u] = [r], \quad (2)$$

где $[h]$ — матричный коэффициент размера (2,2), $[r]$ — матричная правая часть размера (2,1).

Условия Неймана имеют вид:

$$n \cdot [c] \cdot \operatorname{grad}[u] + [q] \cdot [u] = [g], \quad (3)$$

где n — вектор единичной внешней нормали к границе расчётной области; $[c]$ — матричный коэффициент PDE; $[q]$ — матричный коэффициент размера (2,2), $[g]$ — матричная правая часть размера (2,1).

Смешанные условия (Mixed) имеют вид:



$$\{[h] \cdot [u] = [r]; n \cdot [c] \cdot grad[u] + [q] \cdot [u] = [g] + [h]^T \cdot [m]\}, \quad (4)$$

где вторая строка матрицы $[h]$ состоит из нулей; $[m]$ – матрица-столбец множителей Лагранжа, вычисляемых автоматически таким образом, чтобы выполнялись условия Дирихле. Компоненты матричных коэффициентов $[h]$, $[r]$, $[q]$, $[g]$ можно задавать аналитическими выражениями.

Выделены следующие этапы решения задачи топологической оптимизации с использованием пакетов Matlab: подготовка решателя; задание геометрии расчетной области и граничных условий; генерация КЭ сетки; получение не оптимизированного решения; задание параметров оптимизации; процесс оптимизации.

Первые четыре пункта выполняются в PDEToolbox, после того как получаем неоптимизированное решение, запускаем OptimizationTool, где выбираем алгоритм оптимизации (в нашем случае это многокритериальный генетический алгоритм). Целевыми функциями оптимизации могут быть: энергия деформации; максимальное перемещение; объем материала. Варьируемыми переменными являются отношения текущей начальной жесткости каждого элемента расчетной области.

В процессе оптимизации вычисляются следующие функции: максимальное перемещение; максимальное напряжение; среднее напряжение в используемых элементах; потенциальная энергия деформации элементов; потенциальная энергия деформации конструкции; масса конструкции.

Постановка и результат решения тестовой задачи показаны на рисунке 2, где светлые области конструкции соответствуют отсутствию материала, соответственно в темных областях материал присутствует.

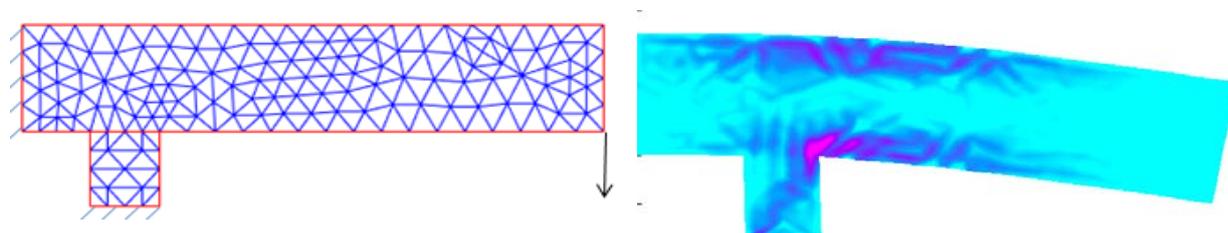


Рисунок 2. Результат оптимизации полученный с помощью пакетов PDEToolbox и OptimizationTool (слева – граничные условия и нагрузки ; справа – распределения материала)

Для сравнения результатов был проведен расчет в программах HyperMesh и OptiStruct, полученный результат распределения материала представлен на рисунке 3.

HyperMesh – это препроцессор для высокоэффективного конечно-элементного анализа, который позволяет работать в интерактивной визуализированной среде для нахождения характеристик модели при разработке продукта. OptiStruct – конечно-элементная технология для создания концепции дизайна и структурной оптимизации конструкций.

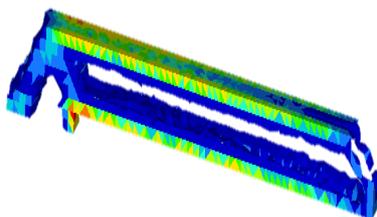


Рисунок 3. Результат расчета, полученный с помощью программ HyperMesh и OptiStruct

Для улучшения качества получаемого решения был analyzed и реализован алгоритм [1].

Задача топологической оптимизации в данном алгоритме, основывается на степенном законе, где целью является минимизация податливости и записывается как:

$$\left. \begin{aligned} \min_x : c(x) = U^T K U = \sum_{e=1}^N (x_e)^p u_e^T k_0 u_e \\ \text{гран. усл.: } \frac{V(x)}{V_0} = f \\ : KU = F \\ : 0 < x_{\min} \leq x \leq 1 \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где U, F — глобальные векторы перемещения и силы, K — глобальная матрица жесткости, u_e, k_0 —вектор смещения элементов и матрица жесткости, x —вектор дизайна переменных, x_{\min} —вектор минимальных относительных плотностей, p —экспонента штрафа (обычно $p=3$), $V(x)$ и V_0 объем материала и дизайн области объема и f заданная доля объема.

Перемещения находятся по формуле 6:

$$[U] = [F] / [K]. \quad (6)$$

где U —вектор перемещения, K —Матрица жесткости, F —вектор силы.

Для вычисления податливости J , необходимо определить топологическую чувствительность поля [2]:

$$T^s(p) = \frac{4}{1+v} \sigma : \varepsilon - \frac{1-3\nu}{1-\nu^2} \text{tr}(\sigma) \text{tr}(\varepsilon). \quad (7)$$

После того, как определены напряжения и деформации структурной задачи, изменяется податливость из-за появления отверстия в любой точке p области δ и определяется по формуле:

$$\Delta J = T^s(p) \delta + o(\delta), \quad (8)$$

где по определению:

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{o(\delta)}{\delta} \rightarrow 0. \quad (9)$$

Решение данной задачи можно разбить на несколько этапов:

Первый этап решения задачи: задание начальных параметров, таких как количество элементов, на которые разбивается рабочая область, искомый объем, шаг (количество материала, удаляемое за итерацию), модуль Юнга, коэффициент Пуассона. Второй этап: Проведение конечно-элементного анализа (задание нагрузок и граничных условий, создание матрицы жесткости, расчет перемещений). Третий этап: Проведение анализа чувствительности (вычисление напряжений и деформаций, вычисление тензоров напряжения и деформации, расчет топологической



чувствительности) Проверяем, достигнут ли необходимый объем, если достигнут, то выводим на экран полученный результат. Если же нет, повторяем первые три пункта до тех пор, пока не будет получен необходимый объем. На рисунке 4 представлен полученный результат, в виде контуров распределения топологической чувствительности.

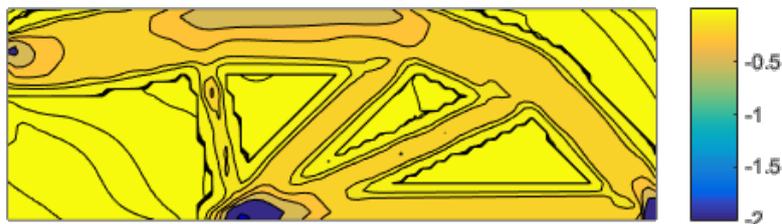


Рисунок 4. Распределение топологической чувствительности

Применив функцию фильтр, выполняющую выборку требуемого контура, получим окончательный результат (Рисунок 5).



Рисунок 5. Результат решения тестовой задачи

В данной работе были рассмотрены два алгоритма топологической оптимизации, в первом в виде целевых функций задавались функции энергии деформации, объема, перемещений, во втором задавалась одна целевая функция податливости, а требуемый объем материала был задан в качестве граничного условия оптимизации. Несмотря на различие в формулировке задач, полученные результаты схожи между собой. Четкое распределение материала во втором алгоритме достигнуто за счет применения функции-фильтра, определяющей границы контуров.

Список литературы

1. Krishnan S., A 199-line Matlab Code for Pareto-Optimal Tracing in Topology Optimization, p. 12.
2. Feijóo, R.A., Novotny, A.A., Taroco, E., Padra, C., The topological-shape sensitivity method in two-dimensional linear elasticity topology design, in Applications of Computational Mechanics in Structures and Fluids, V.S. S.R. Idelsohn, Editor. 2005, CIMNE.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАЧТЫ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО ПОДЪЕМНИКА

Михеенко А. В.

научный руководитель канд. техн. наук Спирин Е. А.

Сибирский федеральный университет

В данной статье речь пойдет об одном из этапов разработки мобильного антенно-мачтового устройства (далее АМУ). АМУ представляет собой телескопическую вышку, установленную на базовом автомобиле «Урал». Устройство предназначено для поднятия полезной нагрузки, в виде, например, параболических антенн тропосферной связи. Однако применение данного устройства не ограничивается военной отраслью, и может также включать в себя различные другие задачи.

В зависимости от решаемых АМУ задач, его геометрические параметры будут меняться. Появляется необходимость в проектировании модельного ряда АМУ, каждое из которых будет приспособлено для решения поставленных перед ним задач. Решение такой задачи как оптимизация геометрических параметров при проектировании модификаций мобильного АМУ является необходимым для достижения таких важных показателей системы, как обеспечение требуемых надежности и устойчивости при минимальной материалоемкости и минимальных габаритных размерах. Для решения такой задачи как оптимизация параметров АМУ разработан программный модуль.

В основе работы данного модуля лежит метод граничных элементов [1]. Применение этого метода оправдано тем, что мачту АМУ в поднятом (рабочем) положении можно рассматривать как статически нагруженную стержневую систему, подобную тем, что используются в строительстве.

Стержень, как основной элемент стержневой системы, является одномерным континуумом. В этой связи процессы воздействия на него (механические, тепловые, электрические) в большинстве случаев описываются сравнительно простыми дифференциальными уравнениями, для которых можно получить аналитическое решение. Теория решений дифференциальных уравнений позволяет учесть особенности геометрии и нагрузки стержня.

Если несколько стержней соединены в единую конструкцию, то для системы стержней можно составить матричное уравнение. Составляются набор матриц: матрица A , отображающая взаимосвязи между стержнями и фундаментальной функции, соответствующие типу решаемой задачи, векторы Y и X содержащие параметры деформированного состояния всех стержней в текущей и начальной точках, вектор B , включающий внешнюю нагрузку всех стержней. Компоненты вектора B изменяются в зависимости от решаемой задачи, и вычисляются по специальным уравнениям (для каждой задачи они свои) [1].

Решение задачи сводится к решению матричного уравнения вида $AX=B$. Находя компоненты матрицы-вектора X , мы получим параметры деформированного состояния всех стержней в требуемых точках. Сравнительный анализ параметров деформированного состояния стержней с допустимыми и лежит в основе работы модуля оптимизации.

Матрица A получается суммированием матрицы A_0 и матрицы C

$$A = A_0 + C. \quad (1)$$

Матрица C характеризует топологию линейной системы и является инвариантной по отношению к видам расчета. Она составляется для определенного ориентированного графа только один раз и далее может использоваться при



формировании матрицы A в задачах статики, динамики и устойчивости. Матрица A_0 содержит фундаментальные ортонормированные функции решаемой задачи.

Для расчета антенно-мачтового устройства (АМУ) применена упрощенная стержневая схема, представленная на рисунке 1, где участками 0-1, 1-2, 2-3 обозначены трубы телескопа вышки, а участком 3-4 трос боковой растяжки. Выбор данной схемы обусловлен тем, что она описывает наиболее критический из возможных случаев распределения сил в конструкции (а именно, когда всю нагрузку от ветрового воздействия берет на себя одна растяжка).

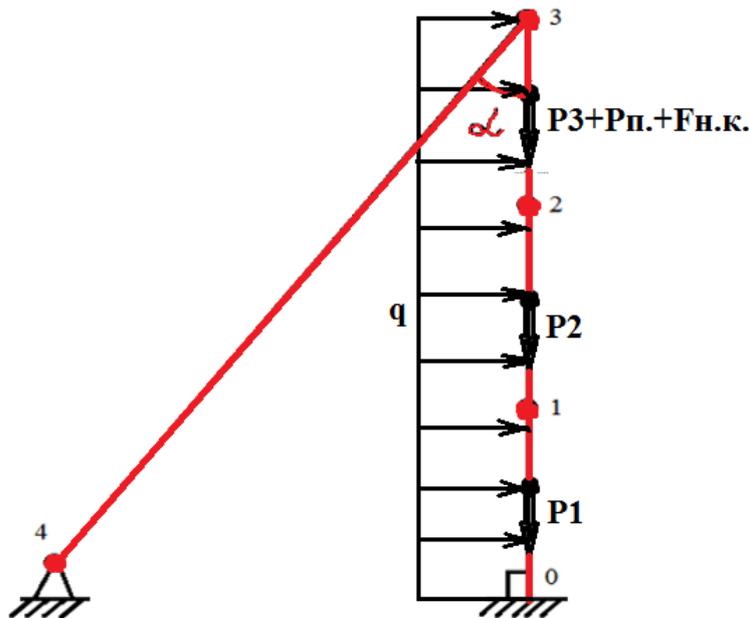


Рисунок 1. Расчетная схема мачты АМУ

Расчет мачты АМУ на растяжение-сжатие производится для расчета значений напряжений в сечениях конструкции, и создания расчетного модуля, который в дальнейшем будет использован для оптимизации конструкции по критерию равной прочности и минимизации материалоемкости.

Расчет мачты АМУ на изгиб производится с целью выяснения угла отклонения рабочей площадки от горизонта (который согласно техническому заданию должен быть не более 15 мин.) и создания расчетного модуля, который будет в дальнейшем использоваться для оптимизации параметров конструкции исходя из требований.

Расчет конструкции АМУ на потерю устойчивости производится с целью выявления критических сил.

Для расчета упругой системы на устойчивость необходимо сформировать граничное интегральное уравнение и преобразовать его. Потеря устойчивости системы характеризуется возникновением продольно-поперечного и поперечного изгибов стержней. В этом случае значения начальных и конечных параметров матрицы X^* отличны от нуля. Тогда, для выполнения условия $X^* \neq 0$ следует, что

$$|A_*(F)| = 0. \quad (2)$$

Разработанный расчетный модуль, реализует алгоритм определения критических сил, что позволяет предсказать потерю устойчивости АМУ.

Оптимизация работает по следующему алгоритму. Имеется расчетный модуль CALC для данного критерия оптимизации, которому требуются входные и выходные параметры. Выходные параметры в свою очередь являются варьируемыми параметрами оптимизации. От каждого из них или от нескольких зависит целевая функция. Модулю оптимизации необходимы в качестве входных параметров варьируемые параметры с границами варьирования, целевая функция, которая от них зависит, градиент целевой функции. Модуль оптимизации использует расчетный модуль MinASA. В зависимости от критерия оптимизации меняется целевая функция. Алгоритм работы модуля оптимизации представлен на рисунке 2.

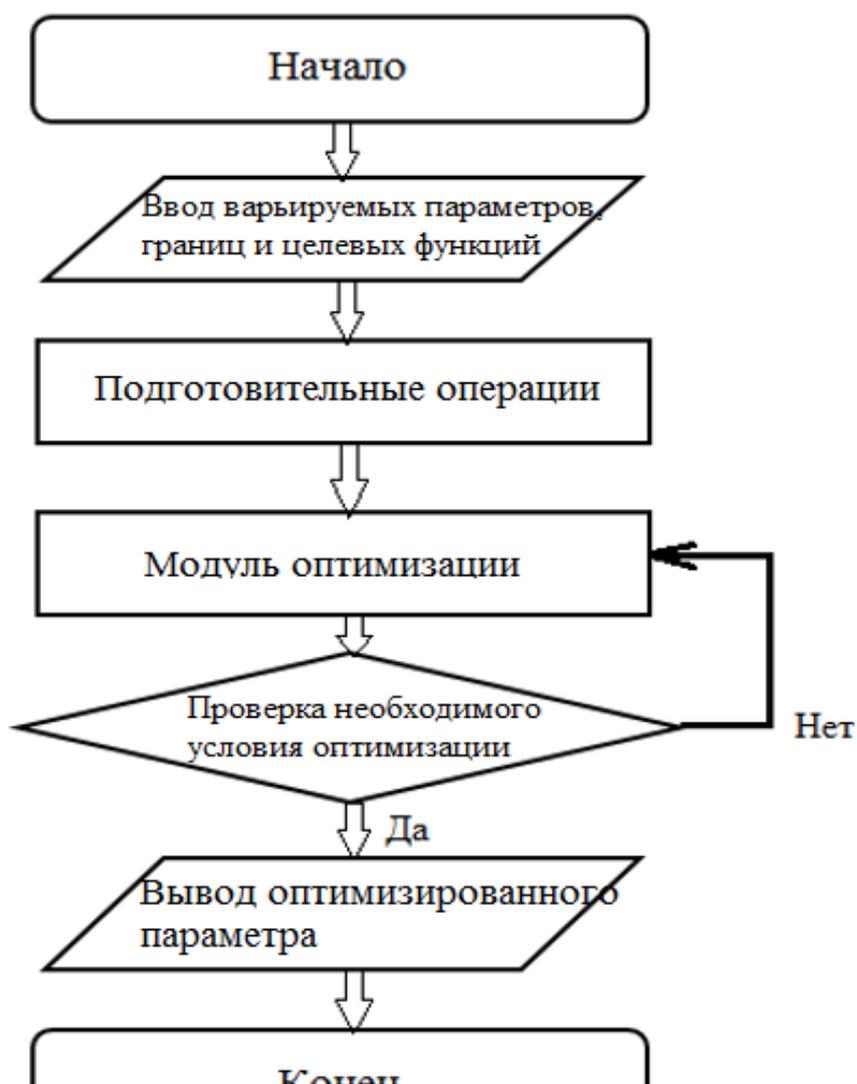


Рисунок 2 - Алгоритм работы модуля оптимизации

Целевой функцией для оптимизации по критерию устойчивости является следующая функция:

$$F(N) = |F_d - F_k(N) - \delta F| \quad (3)$$

Где $F(N)$ - целевая функция силы; N - совокупность входных параметров; \square_δ - действующая сила; $F_k(N)$ - функция для нахождения критической силы (зависит от входных параметров); δF - допустимая разность сил \square_δ и \square_k .

Целевой функцией для оптимизации по критерию обеспечения равной прочности является следующая функция:

$$F(N) = a(N) + b(N) + c(N) \quad (4)$$

$$a(N) = |\sigma_c - |\sigma_0(N)|| \quad (5)$$

$$b(N) = |\sigma_c - |\sigma_1(N)|| \quad (6)$$

$$c(N) = |\sigma_c - |\sigma_2(N)|| \quad (7)$$

Где $F(N)$ - целевая функция напряжений; N - совокупность входных параметров; σ_c - допустимое значение напряжения материала (стали) конструкции: $\sigma_0(N)$; $\sigma_1(N)$; $\sigma_2(N)$ - действующие значения напряжений в сечениях 1, 2, 3 соответственно (равномерно распределенных по длине конструкции); $a(N)$; $b(N)$; $c(N)$ - разности между действующими и допустимыми напряжениями в сечениях в сечениях 1, 2, 3 соответственно.

Целевой функцией для оптимизации по критерию отклонения является следующая функция:

$$F(N) = |L_{\text{доп.}} - L_{\text{действ.}}(N)| \quad (8)$$

Где $F(N)$ - целевая функция напряжений; N - совокупность входных параметров; $L_{\text{доп.}}$ - допустимое отклонение по углу (согласно Т.З. 15 мин.); $L_{\text{действ.}}(N)$ - действительное отклонение мачты при заданных параметрах и при максимальном ветровом усилии по Т.З.

Созданный модуль оптимизации позволяет скорректировать входные геометрические параметры труб АМУ исходя из критерия обеспечения равной прочности и минимальной материалоемкости конструкции по всей длине. Это позволяет быстро рассчитать модификацию АМУ, приспособленную для требуемых условий работы.

Расчет реальной конструкции АМУ показал, что программа полностью работоспособна и может быть применена для расчета любых модификаций АМУ, а также аналогичных конструкций.



АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСКЛАДКИ КАБЕЛЕЙ И ЖГУТОВ ПО 3D-МОДЕЛИ ПРИБОРОВ

Мосягин А. Ю. магистрант гр. МТ13-03М ПИ СФУ

Макаров С. А. начальник конструкторского отдела АО «НПП «Радиосвязь»

Одним из этапов производства изделий, встречающихся в самых разных отраслях промышленности, является электрический монтаж, выполняемый проводами и кабелями, связанными в жгуты. Кабельные изделия применяются в различных отраслях промышленности, начиная от бытовой и заканчивая военной и космической техникой.

В процессе создания изделий различного назначения конструкторам приходится сталкиваться с целым рядом проблем и задач, связанных с процессом создания кабелей и жгутов.

На АО «НПП «Радиосвязь», как и на других предприятиях, инженеры и руководители заинтересованы в автоматизации создания проекта жгутов и в получении как можно более точной и полной информации обо всех характеристиках жгутов. Реализация первой задачи должна сократить сроки получения конструкторской и технологической документации, второй – снизить издержки производства за счет более точного расчета требующихся в производстве материалов.

В этой области основными являются следующие задачи:

- прокладка электрических проводников внутри приборов и между ними;
- выпуск конструкторской документации (чертежи и спецификации) на кабели и жгуты с подсчетом количества комплектующих и материалов;
- расчет длины всех проводников с учетом припусков на перепайку.

На АО «НПП «Радиосвязь» при проектировании изделий используется система трехмерного проектирования КОМПАС–3D компании АСКОН. Данная система позволяет создавать не только 3D модели приборов и станций, но и 3D модели кабелей и жгутов благодаря наличию модуля «Кабели и жгуты 3D». Основными функциями модуля являются:

- автоматическое позиционирование ответных кабельных частей соединителей к их блочным частям;
- автоматическое трехмерное моделирование кабелей и жгутов с учетом количества и диаметров проводников;
- автоматическое создание скруглений с расчетом радиусов перегиба кабелей и ветвей жгутов (учитывая диаметры ветвей жгута на текущем участке);
- назначение материалов для монтажа проводников в жгутах и кабелях (как для разъемов, так и для кабеля в целом).

При работе с системой КОМПАС-3D Кабели и жгуты конструктор может выполнить так называемую трассировку (рисунок 1). Трасса – это путь прохождения проводников и кабелей в пространстве модели. Трассы определяютхождение геометрических осей проводников или кабелей и имеют условные начало и конец. Трасса представляет собой совокупность траекторий – пространственных кривых КОМПАС-3D, расположенных последовательно.

После выполнения трассировки конструктор может автоматически получить трехмерные модели кабелей и жгутов (рисунок 2). При их создании система сама рассчитывает условный диаметр ветви жгута в зависимости от количества и диаметров проводов, входящих в эту ветвь. Также автоматически добавляются радиусы скругления в тех точках, где трассы меняют направление (если траектории создавались



из 3D-ломаных). Величины радиусов зависят от рассчитанного ранее условного диаметра ветви.



Рисунок 1

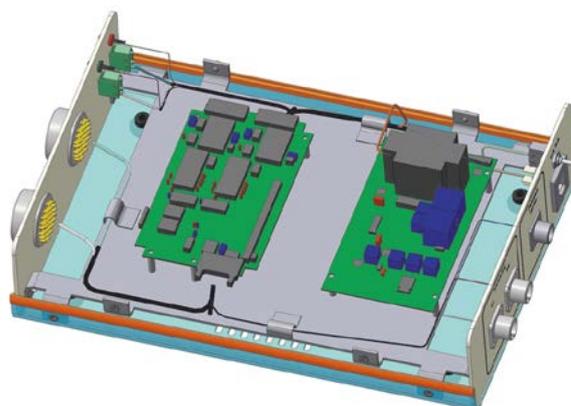


Рисунок 2

При разработке электромонтажа на предприятии АО «НПП «Радиосвязь» используется технологическая инструкция УЭ0.091.099 И – Электромонтаж изделий электронной техники. Настоящая технологическая инструкция является обязательным техническим документом для разработчиков, изготовителей при разработке конструкторской документации, разработке технологических процессов, изготовлении и проведении доработок.

Приведем пример наиболее важных пунктов из данной инструкции:

1 Общие требования по конструированию объемного монтажа приборов и блоков.

1.1 Сигнальные и силовые провода должны формироваться в отдельные жгуты.

1.2 Жгуты из сигнальных и силовых проводов не должны располагаться параллельно.

1.3 Провода от входных разъемов питания до помехоподавляющих фильтров необходимо выполнять проводами максимального сечения, минимальной длины.

1.4 Входные и выходные цепи питания фильтров необходимо разносить на максимально возможное расстояние. Не допускается пересечение входных и выходных цепей.

1.5 Цепи питания необходимо выполнять проводом максимального сечения, перевивать "+" и "-", прокладывать их в экране накоротко отдельно от других проводов.

2 Общие требования к заделке кабелей в части радиочастотных соединителей.

2.1 Под заделкой понимается монтаж кабелей в части соединителей. Правильная заделка кабелей в части соединителей является основным условием надежности в эксплуатации частей соединителей при воздействии механических, климатических факторов и в обеспечении соответствия электрическим параметрам.

2.2 Изоляторы, контакты и внутренние поверхности корпусов должны быть очищены салфеткой, смоченной спиртом.

2.3 Плоскость среза изоляции должна быть ровной и перпендикулярной к оси внутреннего проводника, при этом не допускается повреждение внутреннего проводника.

2.4 Пайка контактов и других деталей частей соединителей должна осуществляться припоями, обеспечивающими работоспособность частей соединителей в соответствии с ТУ.

3 Технические требования к разделке и соединению экранов проводов должны соответствовать ГОСТ 23585-79.

4 Технические требования к жгутам должны соответствовать ГОСТ 23586-96.

4.1 Для вязки жгутов из проводов, у которых, кроме изоляции из поливинилхлорида, полиэтилена или другого материала, имеется обмотка из шелковой, стеклянной или хлопчатобумажной пряжи (например, МГШВ), а также для вязки жгутов из установочных проводов (например, ПВЗ, ПВ4) следует применять нить крученую капроновую отваренную ЗКо.

4.2 Жгуты из проводов с изоляцией, обладающей холодной текучестью (например, провода с полиэтиленовой или фторопластовой изоляцией, у которой нет внутреннего слоя из пряжи, типа МГТФ, МГДПО и др.) следует вязать пленкой полиэтиленовой Тс.

4.3 Для защиты связанного жгута от механических повреждений, жгут должен быть обмотан пленкой из термопластичного полиуретана марки Витур.

5 Технические требования к монтажу соединителей иностранного производства должны соответствовать разделу 3 настоящей инструкции.

Пример монтажа одного из разъемов иностранного производства:

Монтаж разъемов 11_SMA-50-2-1, 11_SMA-50-2-15, 11_SMA-50-2-65, 11_SMA-50-2-165 (кабели EZ_86, MULTIFLEX_86, SUCOFORM_86); 11_SMA-50-3-15, 11_SMA-50-3-65, 11_SMA-50-3-34 (кабели EZ_141, MULTIFLEX_141, SUCOFORM_141):

5.1 Разделка кабелей MULTIFLEX для распайки в разъемы производится согласно рисунку 3, вариант разделки см. таблицу 1.

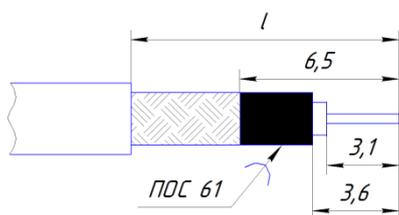


Рисунок 3

Таблица 1

Тип разъема	l , мм	Вариант
11_SMA	12	4.29
15_SMA	17	4.30

5.2 Распайка кабелей в разъемы производится согласно рисунку 4

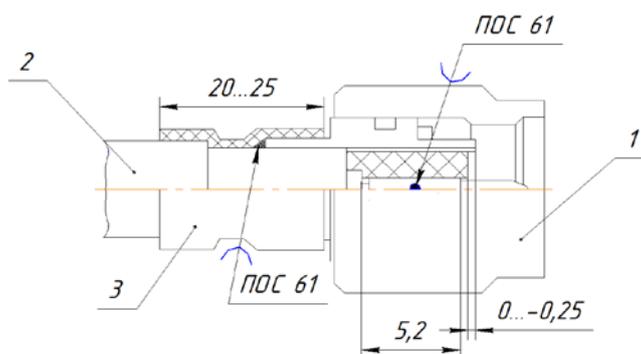


Рисунок 4. Вариант 4.31

1 – разъем, 2 – кабель, 3 – термоусадочная трубка



Таким образом, процесс создания электро монтажа в изделиях, изготавливаемых на АО «НПП «Радиосвязь», является очень ответственной частью разработки и изготовления выпускаемой продукции. Данный процесс подробно регламентирован технологической инструкцией УЭ0.091.099 И – электро монтаж изделий электронной техники.

Использование модуля «Кабели и жгуты 3D» может позволить ускорить процесс создания электро монтажа в части автоматического подсчета длины проводов и количества материалов, входящих в кабели. Это, в свою очередь, позволит избежать чрезмерного расхода материалов.

Список литературы

1. Режим доступа: <http://www.ascon.ru>;
2. Технологической инструкцией УЭ0.091.099 И – электро монтаж изделий электронной техники, 2006 г., 67 с.



АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ

Небогатов А.В.

научный руководитель Вавилов Д.В.

Сибирский федеральный университет

В настоящее время особую актуальность приобретают вопросы, связанные с разработкой специализированных приложений, обеспечивающих решение прикладных инженерных задач и интеграцию САПР, PDM и ERP с целью создания единой информационной системы предприятия. Интеграция приложений является задачей более сложной по сравнению с традиционной интеграцией данных, часто используемой ИТ-компаниями при внедрении информационных систем.

Цели и задачи

–Изучить методы расчета параметров зубчатых колес и рассмотреть как автоматизированные, так и ручные способы расчета параметров зубчатых колес

–Разработать ПО для распознавания и подбора параметров зубчатого колеса по изображению.

–Рассмотреть возможность использования штатных мобильных устройств на базе AndroidOS, а именно камеры устройств для получения фотографий зубчатых колес и их анализа непосредственно на мобильном устройстве.

Способы подбора зубчатых колес

1. Ручной расчет и подбор зубчатых колес, с использованием справочников и методик расчета из курса деталей машин.

Плюсы:

–Надежность метода

–Всегда обеспечена необходимая точность расчета

–Нет проблем с обновлением устаревших баз данных зубчатых колес

–Нет необходимости в дополнительном оборудовании

Минусы:

–Низкая скорость расчета

–Вероятность человеческой ошибки

2. Расчет и подбор зубчатых колес с помощью программы GearReader.

Плюсы:

–Быстрый расчет параметров колеса

–Возможность построить по полученным параметрам модель в SolidWorks

Минусы:

–Необходимо вручную задавать окружности колеса, определять центр колеса, а также указывать профиль эвольвенты.



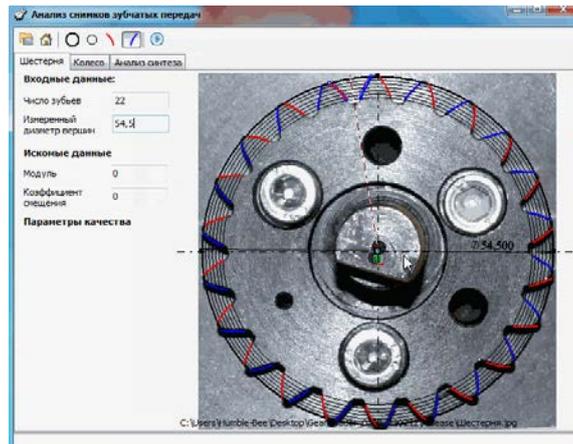


Рисунок 1. Программа GearReader

3. HALCON – программный комплекс компании MvTec, реализующий множество алгоритмов компьютерного зрения для различных типов производственных задач.

Для моей задачи, HALCON имеет модуль MeasureTool, который даёт возможность с точностью до сотых миллиметра определить изношенные зубья и выделить их на изображении.

Плюсы:

- Полностью автоматизированное распознавание зубчатых колес
- Быстрота работы
- Имеет собственное API, для внедрения комплекса в систему производства

Минусы:

- Высокая стоимость
- Нет российского дистрибьютора
- Необходимы платные курсы обучения для работы с программным комплексом
- Для работы желателен отдельный мощный сервер

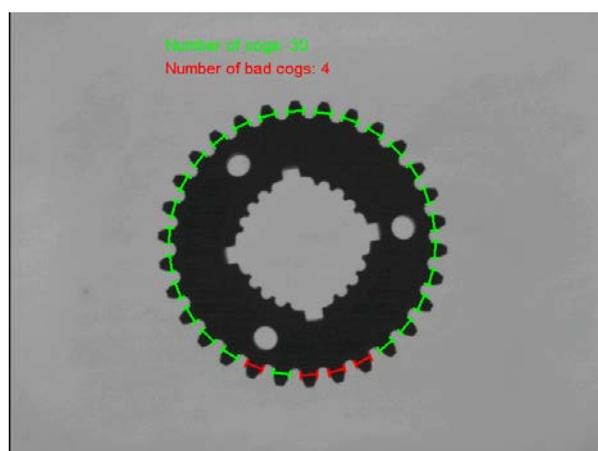


Рисунок 2. Пример работы модуля MeasureTool программного комплекса HALCON



Разработка программы

Рассмотрев доступные варианты, было принято решение разработать программное обеспечение со следующими возможностями:

- Автоматическое распознавание образа зубчатого колеса на изображении
- Автоматический подсчет зубьев колеса
- Расчет параметров зубчатого колеса, основываясь на диаметре его вершин
- Простой и интуитивный интерфейс для использования
- Справка по использованию
- Дополнительные пользовательские опции

Разработка поделена на следующие этапы:

1. Изучение математических методов и теорем, связанных с обработкой изображений
2. Изучение теории в области компьютерного зрения
3. Изучение примеров использования компьютерного зрения в прикладных задачах
4. Составление алгоритма
5. Выбор библиотек для реализации поставленной задачи
6. Базовая реализация алгоритма распознавания объекта
7. Тестирование алгоритма распознавания объекта
8. Базовая реализация алгоритма подсчета числа зубьев
9. Тестирование алгоритма подсчета числа зубьев
10. Базовая реализация алгоритма расчета параметров зубчатого колеса
11. Тестирование алгоритма расчета параметров зубчатого колеса
12. Обсуждение пользовательских опций
13. Реализация пользовательских опций
14. Финальная реализация всех алгоритмов
15. Оформление кода в соответствии с принципами ООП
16. Тестирование работы
17. Реализация пользовательского интерфейса
18. Обсуждение бета-версии программы, внесение корректировок
19. Написание справки для программы

Было решено использовать библиотеку компьютерного зрения OpenCV, которая реализует основные математические методы обработки изображений.

OpenCV (англ. OpenSourceComputerVisionLibrary, библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом) — библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. Реализована на C/C++, также разрабатывается для Python, Java, Ruby, Matlab, Lua и других языков. Может свободно использоваться в академических и коммерческих целях — распространяется в условиях лицензии BSD.

Использовались следующие методы библиотеки:

- Бинаризация изображения
- Поиск контуров на изображении
- Аппроксимация контуров
- Поиск минимальных кругов, которые можно провести через контуры

Пример работы алгоритма:

Исходное изображение для распознания:



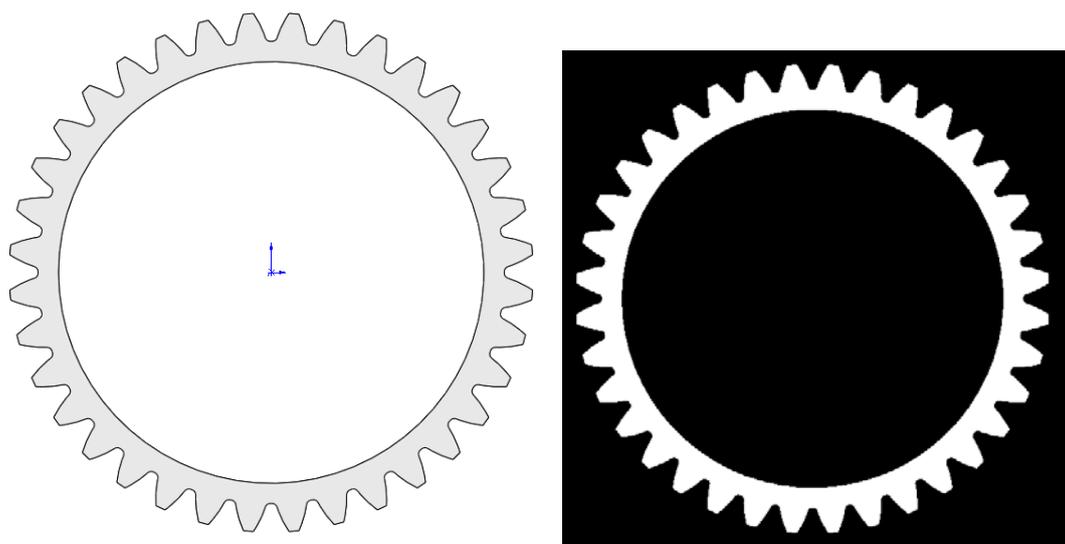


Рисунок 3. Пример исходного и бинарного изображения

Обработанное изображение, отрисовка полученных окружностей:

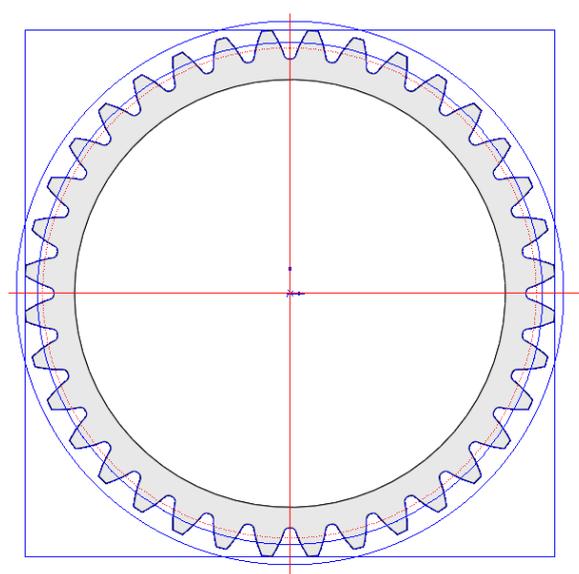


Рисунок 5. Обработанное изображение

Подсчет количества зубьев был произведен путем «семплирования» точек окружности (красные точки на изображении (см. рис.5)).

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МАЛОГАБАРИТНОЙ ЛЕБЕДКИ НА ОСНОВЕ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ВНУТРЕННЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ С МАЛОЙ РАЗНОСТЬЮ ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ

Пикалов И.Ю.

научный руководитель канд. тех. наук Смирнов А.П.

Сибирский федеральный университет

В наше время ручные лебедки не потеряли свою актуальность, но даже наоборот, их ассортимент и конструкции значительно расширились. Современные ручные лебедки - это простое, компактное, удобное и не энергозависимое грузоподъемное оборудование, которое может применяться в самых различных условиях.

Ручные лебедки относятся к механизмам на основе тяги, действующим по принципу приложения силы мускулов человека. Если не нужна высокая скорость подъема груза и если он перемещается на небольшое расстояние, в этом случае зачастую используется ручная лебедка. Подобные вещи незаменимы в складских помещениях и производственных цехах. Они также широко применяются в строительстве и на транспорте как надежный и удобный механизм для подъема и перемещения груза. Ручные лебедки используются в случае перемещения материалов при монтажных работах, в условиях отсутствия электрической энергии. Для лебедки не требуется питание от электрической сети. Смотрите рисунок 1, именно такая лебедка была смоделирована коллективом кафедры КТОМСП ПИ СФУ.



Рисунок 1. лебедка ЛМ01

Особенностью зубчатой передачи, которая заложена в основе привода данной лебедки, является то, что она выполнена в виде планетарной передачи типа К-Н-V с внутренним зубчатым зацеплением с малой разностью в числах зубьев с разными исходными контурами в паре зубчатых колес. Для данной модели лебедки было

выполнено изготовление опытных образцов, которые доказали свою работоспособность в ходе натуральных экспериментов.

Однако были выявлены некоторые недостатки конструкции, и на данном этапе работ связанных доведением данной лебедки до промышленного образца возникла необходимость модернизации конструкции. В реализации возможности размотки троса, увеличении канатоесткости барабана, крепление троса к барабану.

Таким образом, на данный момент была выполнена разработка программного инструментария с заложенной методикой проектирования цилиндрических зубчатых передач (GearAnallysis). С подключенным программным модулем гостов протяжек, гостов профилей зубчатого колеса, расчет режимов резания. Разработаны алгоритмы реализующие предлагаемые методики проектирования. Кроме этого выполнена апробация данного программного комплекса на примере проектирования малогабаритной лебедки. Ведется работа над доработкой функционала предлагаемого программного комплекса, а также работы по модернизации малогабаритной лебедки и доведению ее до промышленного производства.

Список литературы

1 Бабичев Д.Т., Гаммер М.Д., Черезов. К.М. Компьютерный имитационный тренажер для исследования КПД цилиндрического и червячного редуктора// Теория и практика зубчатых передач и редукторостроения. Сборник докладов научно-технической конференции с международным участием. Ижевск. 2008. С. 339-341.

2 Киселев С.С., Тимофеев Б.П. Закономерности расчета цилиндрических зубчатых передач минимальных габаритов// Теория и практика зубчатых передач и редукторостроения. Сборник докладов научно-технической конференции с международным участием. Ижевск. 2008. С. 169-173.

3 Людаговский А.В., Мельников В.З. Высокопрочные зубчатые передачи для силовых агрегатов подвижного состава// Механика транспортных конструкций. 2005. №4. С. 69-76.

4 Битуев И.К., Павлов Б.И. Моделирование поворотных устройств машинных агрегатов// Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 316. № 2. С. 15-19.



ПРОЦЕСС СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ

Пятков И. Н.

научный руководитель канд. техн. наук Тюкпиеков В. Н.

Хакасский технический институт – филиал СФУ

Стружкообразование в значительной степени влияет на процесс резания в целом и его результаты. От процесса стружкообразования зависят силы резания, расход энергии и количество выделяющейся теплоты, точность и качество обработки, условия работы инструмента и станка. Поэтому изучение процесса стружкообразования имеет большое значение для обоснованного решения практических вопросов обработки резанием.

Характер стружкообразования и типы получаемой стружки во многом определяются свойствами обрабатываемого материала. Механизм процесса стружкообразования определяется закономерностями деформации и разрушения. Необходимым условием стружкообразования при резании является доведение обрабатываемого материала по линии среза до разрушения, которое практически происходит после преодоления предела упругости без пластического деформирования.

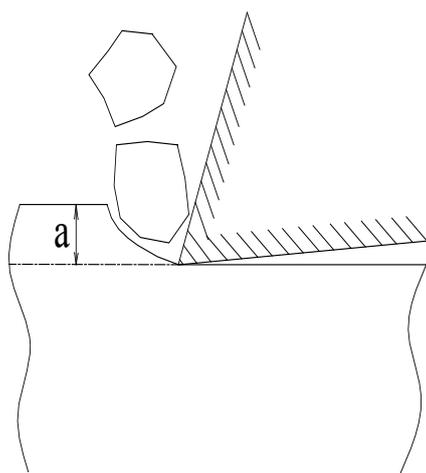


Рис. 1. Схема отделения элементов поверхностного слоя

Схематично стружкообразование показано на рис. 1. Процесс стружкообразования носит циклический характер с образованием элементной стружки, которая, отделившись от основного материала, перемещается по плоскости скалывания. В процессе смещения элемента стружки происходит дальнейшее сжатие обрабатываемого материала и образования нового элемента стружки, который отделяется в тот момент, когда сила, действующая на резец, превысит силы внутреннего сцепления обрабатываемого материала, причем разрушение происходит почти мгновенно, путем образования трещин и сколов.

Так как материал в зоне резания подвергается хрупкому разрушению, для построения модели стружкообразования привлекается теория хрупкого разрушения [1].

Напряжения вблизи трещины зависят от критического напряжения $\tau_{кр}$, необходимого для распространения трещины скалывания

$$\tau_{кр} = \frac{2C\nu}{l \frac{1}{\beta^3} \lg \left\{ \beta \left[1 - \sqrt{1 + \frac{1}{\beta^2}} \right] \right\} - \frac{1}{\beta} \operatorname{arctg} \frac{1}{\beta}},$$

$$\beta = \sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{тр}}}{V_{\text{сд}}} \right)^2},$$

где $V_{\text{тр}}$ – скорость трещины; $V_{\text{сд}}$ – скорость волн сдвига; C – модуль сдвига; ν – коэффициент Пуассона.

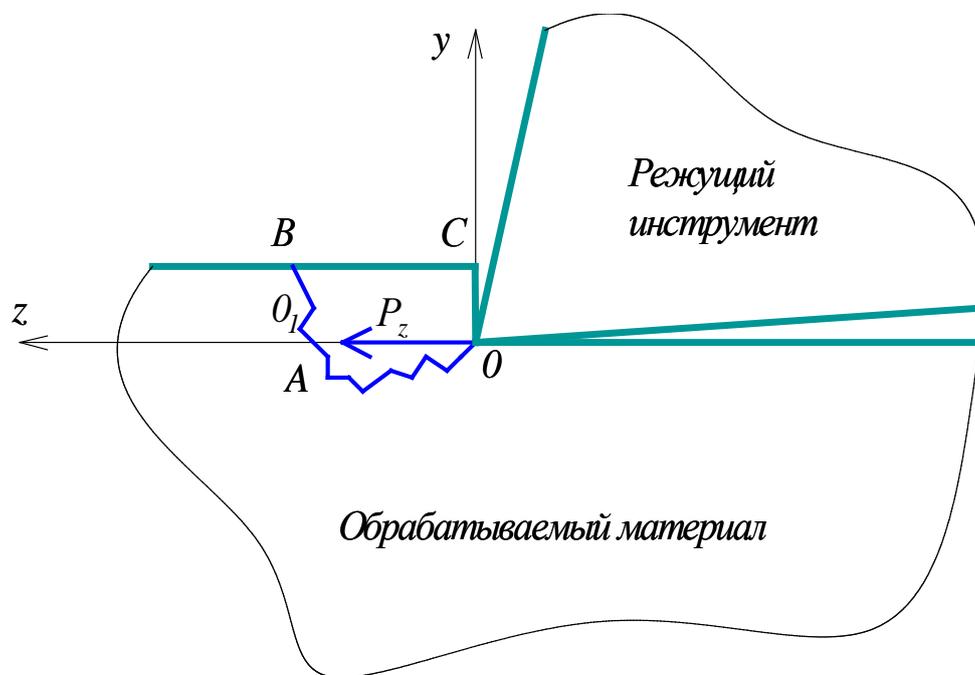


Рис. 2. Модель образования элемента стружки

При обработке хрупких материалов сила резания, необходимое для стружкообразования, в основном будет определяться величиной критического напряжения скалывания $\tau_{кр}$.

Механизм отделения срезаемого слоя при механической обработке можно представить следующим образом. Под действием перемещения режущего клина вдоль обрабатываемой поверхности в приповерхностном слое заготовки возникает поле напряжений. В хрупком материале, прилегающем к передней поверхности, формируется микротрещина (рис. 2), практически мгновенно достигающая определенной длины. Тем самым область зерна $OABC$, расположенная выше трещины, становится консольным элементом, на который действуют сжимающая сила и изгибающий момент. Такая нагрузка приводит к формированию поверхности скола AB , и элемент $OABC$ отделяется, сила резания P_z резко падает и вершина режущего клина перемещается в т. O_1 и далее процесс повторяется.

Циклический характер стружкообразования приводит к неустойчивости процесса резания и возникновению вибраций, что оказывает негативное влияние на выходные характеристики обработки, т.е. повышается интенсивность изнашивания инструмента и снижается точность.

Список литературы

1. Морозов Е. М. Контактные задачи механики разрушения / Морозов Е. М., Зернин М. В. – М.: Машиностроение, 1999. – 544 с.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЕЧНО – ЭЛЕМЕНТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАНЦИИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Сватков Д.С.,
научный руководитель канд. техн. наук. Колбасина Н.А.
Сибирский федеральный университет

При отсутствии возможности оценить качественные параметры проектируемой станции спутниковой связи экспериментальными исследованиями (отсутствует необходимое оборудование, ограничено время, нет возможности изготовить опытный образец). Возможно, использование конечно-элементных методов, таких как испытание на ударную нагрузку, прочность, динамические характеристики и т.д.

Использование CAE продуктов позволяет нам получить характеристику того, как будет вести себя разработанная на компьютере модель изделия в реальных условиях эксплуатации. Использование этих продуктов помогают убедиться в работоспособности изделия, позволяет избежать ненужных финансовых затрат на изготовление, устранить ошибки при разработке конструкции.

На мировом рынке предлагаются широкий выбор CAE систем, позволяющих виртуально проводить испытания на ударную нагрузку, прочность, тепло, динамику, частотный анализ и пр. Лидирующие позиции среди программ занимают пакеты ANSYS, NX Nastran, T-FLEX, Solid Works Simulation.

Для оценки качества мобильной станции спутниковой связи (рисунок 1) на этапе проектирования, нами предлагается использовать конечно-элементный метод, с помощью которого можно оценить прочность основных элементов, динамику, реакцию на ударную нагрузку и т.д.

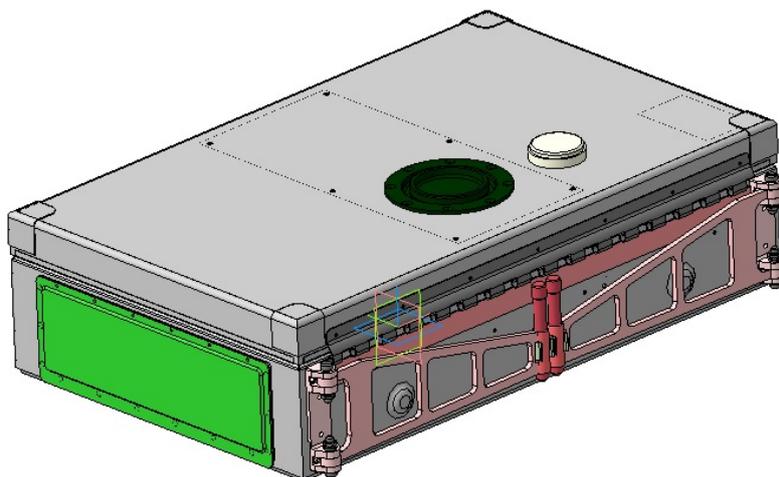


Рисунок 1. Мобильная станция спутниковой связи
В транспортновочном положении

Испытания проводились с помощью модуля Solid Simulation программной среды Solid Works.

Процесс расчета конечно-элементным методом делится на этапы:

1 Подготовка модели и ее предварительный анализ.

2 Построение геометрической модели конструкции.

При проведении расчета, компьютерная модель станции была упрощена – убраны мелкие детали: отверстия, скругления и т.д., не влияющие на результат. Этот этап включает задание материала модели и его физико – механических свойств.

3 Задание граничных условий.

При различных видах испытаний, модель может быть зафиксирована, относительно какой либо плоскости или плоскостей. Задается приложенная нагрузка к конструкции.

4 Создание расчетной (вычислительной) сетки.

Существует структурированная сетка, когда множество сеточных узлов является упорядоченным. Использование структурированных сеток (по сравнению с неструктурированными) позволяют, как правило, уменьшить продолжительность расчета и необходимый объем оперативной памяти компьютера. В Solid Simulation есть возможность создания наиболее упорядоченной расчетной сетки с высокой плотностью, что обеспечивает более точный расчет.

5 Анализ полученных данных.

На этом этапе определяются значения перемещений узлов. Анализируются полученные напряжения, деформации, перемещения в конструкции, которые отображаются в виде раскрашенных зон с различной интенсивностью цветов в зависимости от величины соответствующих числовых значений (рисунок 2).

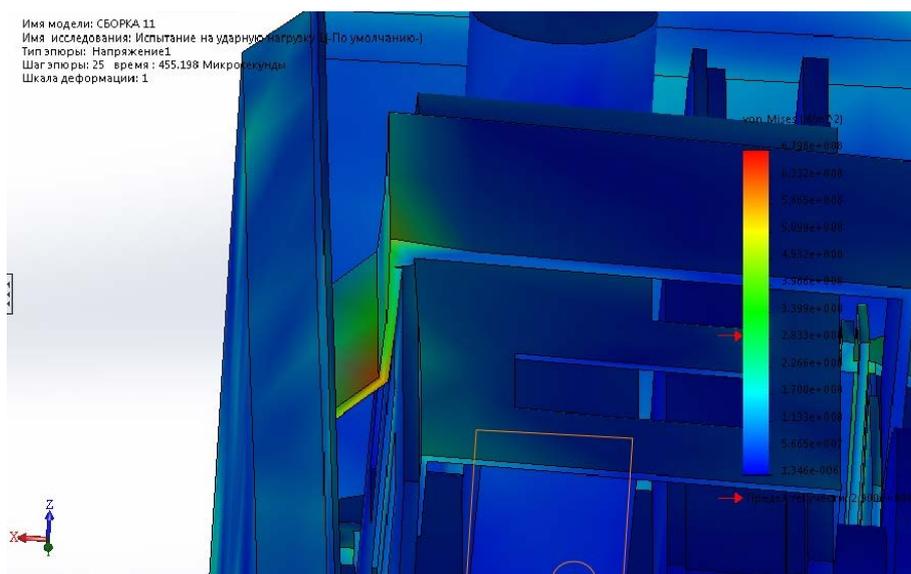


Рисунок 2. Напряжение

На рисунке 2 показаны результаты исследования станции спутниковой связи на удар с высотой падения 2 м. Из рисунка видно, что максимальное напряжение сосредоточено в углах сгибов зажима. Из анализа результатов можно сделать заключение, что конструкция скобы внутри сборки нуждается в изменении, возможна замена материала детали на материал с более высоким пределом текучести.

Аналогичным образом были проведены исследования на прочность при ударной нагрузке различной интенсивности, расчетной ветровой нагрузке, определены некоторые параметры динамического качества изделия, что позволило на этапе проектирования внести необходимые конструктивные изменения и получить данные для дальнейших исследований.



УДК 621.914.32

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Степанькова А.А.

научный руководитель канд. техн. наук Пикалов Я.Ю.

В машиностроении показатели качества тесно связаны с точностью обработки деталей машин. Для измерения деталей сложной формы с множеством контролируемых элементов в большинстве случаев применяются координатно-измерительные машины (КИМ). Использование КИМ позволяет оперативно измерять геометрические параметры простых и сложных прецизионных деталей, включая корпусные; сокращать время на наладку обрабатывающих станков, центров и исключать брак, используя постоянный контроль точности процесса обработки деталей, и своевременно корректировать его [1].

Условия автоматизированного, интенсивного производства предъявляют требования выполнения измерений непосредственно на рабочем месте. Поэтому вопросы точности координатных измерений являются наиболее сложными [2]. Рассмотрим основные источники погрешностей координатных измерений.

Погрешность измерения на КИМ состоит из погрешности сбора информации (погрешности измерения координат точек) и погрешностей обработки и представления результатов измерений, параметров измеряемых деталей, факторов окружающей среды, источников энергии, времени измерения и эксплуатации КИМ [3]. Схема погрешности координатных измерений с основными составными компонентами и действующими на них факторами представлена на рис. 1



Рисунок 1. Составляющие погрешности координатных измерений

По компоновке и основным движениям элементов, КИМ схожи с фрезерными станками с ЧПУ. Для контроля положения детали на станках используются щупы аналогичные тем, что установлены на КИМ. Таким образом, можно на определенных этапах использовать такой станок, как более доступную альтернативу КИМ. Это же



подтверждает и некоторая схожесть требований по обеспечению точности КИМ и фрезерных станков (рис.1 и рис.2).

Точность параметров деталей характеризуется точностью размеров ее элементов, формы, месторасположения и ориентации (расположения) поверхностей. Отклонения (погрешности) формы и расположения поверхностей возникают в процессе обработки детали из-за неточности и деформации станка, инструмента и приспособления; деформации обрабатываемого изделия; неравномерности припуска на обработку; неоднородности материала заготовки и т.д. [4]. Схема погрешности обработки деталей с основными составляющими точности металлорежущих станков представлена на рис.2



Рисунок 2. Составляющие точности металлорежущих станков

К дополнительным показателям точности станка относятся способность сохранения взаимного расположения рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент, при условии:

- приложения внешней нагрузки (показатели жесткости);
- воздействия тепла, возникающего при работе станка на холостом ходу;
- колебаний станка, возникающих при работе станка на холостом ходу [2].

Проводя аналогию между КИМ и станками с ЧПУ, сравнивая данные рисунков 1 и 2, можно сделать вывод, что точность обработки деталей зависит от:

- геометрической погрешности (погрешность отсчета – точность баз для установки заготовки и инструмента, кинематические погрешности – точность расположения осей вращения и направлений перемещений);
- погрешности щупа (точность координатных перемещений рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент);
- погрешности от вибраций (колебаний станка, возникающих при работе станка на холостом ходу);
- погрешности влияния температуры (воздействия тепла, возникающего при работе станка на холостом ходу).

Для определения параметров геометрической точности станка было проведено экспериментальное исследование. Суть исследования заключается в многократном измерении одной точки поверхности детали при разных скоростях для контроля геометрической точности. Был составлен ряд значений подачи от 25 до 250 мм/мин с шагом 25 мм/мин. Измеряемая точка была выбрана в центре обработанной плоскости с номинальными значениями $T1=(50;50;40)$. Измерения проводились по одной координате Z . На каждой подаче измерительная головка касалась детали в точке 10 раз.

Также, деталь в той же точке была измерена на высотомере, погрешность измерения которого составляет 2 мкм. Согласно результатам измерения, высотомером точка горизонтальной плоскости детали по оси Z имеет значение 39,963. На рисунке 3 представлена зависимость полученных значений при измерении от скорости подачи шпула.



Рисунок 3. Зависимость значения координаты точки при измерении от скорости подачи шпула

Обработка детали и исследования влияния скорости шпула с сохранением закрепления способствует уменьшению погрешности измерений. По полученным значениям можно определить величину подачи, при которой результаты измерения на станке наиболее приближены к результатам измерения на высотомере.

Скорость перемещения шпинделя влияет на точность результатов измерения. Для определения диапазона погрешности измерений необходимо исследование результатов, получаемых при разных значениях подачи. Данная погрешность является составляющей погрешности измерительной системы. Возможно, это связано не только с точностью позиционирования самого станка, но и с особенностями измерительной головки [5].

Непостоянство скоростей в момент считывания координат измеряемых точек не только вызывает деформации узлов координатных перемещений, но и является источником погрешностей измерения.

Зависимость точности измерения от скорости перемещения шпинделя показывает:

- значение измеряемой точки зависит от скорости подачи шпула линейно;
- увеличение скорости подачи шпула не сказывается на разбросе значений;
- достоверные результаты измерения обеспечивает подача $F=150$ мм/мин - скорость движения шпула не влияет на разброс измеряемых значений.

Следовательно, для увеличения точности должно быть обеспечено постоянство скоростей при калибровке измерительных наконечников и измерении.

Нельзя не заметить, что точность обработки детали зависит не только от технологической системы (станок, приспособление, инструмент, деталь), а также от

внешней среды (температура окружающей среды, давление, вибрации и т.д.). Однако измерения проводились сразу после чистовой обработки поверхности в помещении без термостабилизации, что конечно оказывает влияние на результаты измерений. Обычно при обработке, вследствие неравномерного нагрева, происходит изменение размеров, формы и расположения поверхностей. Так, температура в различных точках станка различается на 10-60 °С, это вызывает смещение и деформации несущих элементов станка [2].

Таким образом, для достижения заданной точности измерений, выполняемых непосредственно на станках с ЧПУ, необходимо учитывать не только влияние точности станка, инструмента, приспособления и т.д., но и обеспечивать стабильность температур окружающей среды и элементов станка.

Список литературы

1. Е.В. Набока, В.В. Лысюк, Анализ погрешностей измерений на координатно-измерительных машинах, 2010, Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ"
2. Косилова А.Г., Мещеряков Р.П. Справочник технолога-машиностроителя. Том 1. М., "Машиностроение", 1986.
3. S. Aoyagi, S. Kikuchi, Technical innovation in CNC CMM: CNC CMM Bright Apex series.
4. Ю.М. Зубарев, С.В. Косаревский, Н.Н. Ревин, Автоматизация координатных измерений, 2011, Санкт-Петербург.
5. Кучеренко Н.А., Пикалов Я.Ю. Анализ технического и информационного обеспечения систем контроля геометрической точности деталей // Проблемы машиностроения и автоматизации, 2014.



О НОРМИРОВАНИЕ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Шадрина А.А.,

научный руководитель канд. техн. наук Кулешов В.И.

Сибирский федеральный университет

Нормирование труда служит инструментом для планирования численности, определения количества производственного оборудования, а также является средством выбора рационального технологического и трудового процесса и организации оплаты труда, одним из важнейших показателей для определения себестоимости выпускаемой продукции, расчетов производительности труда, основой для текущего оперативного производственного планирования, регулирования социально-трудовых отношений между работодателями и работниками.

На предприятии АО НПП "Радиосвязь", роли нормированию труда всегда уделяется должное внимание. На предприятии был отдел по разработке и согласованию межотраслевых нормативов под особенности предприятия, к сожалению после кризиса 90-х годов отдел сократили.

В последние десятилетия деятельность в сфере нормирования труда на промышленных предприятиях осуществляется в основном несистематически, в основном активизируясь в период внедрения новой техники и применения новых технологий. Хотя в рыночных условиях нормирование труда является важнейшим элементом управления экономическими, техническими и социальными рычагами развития предприятия любой организационно-правовой формы и формы собственности (рисунок 1).

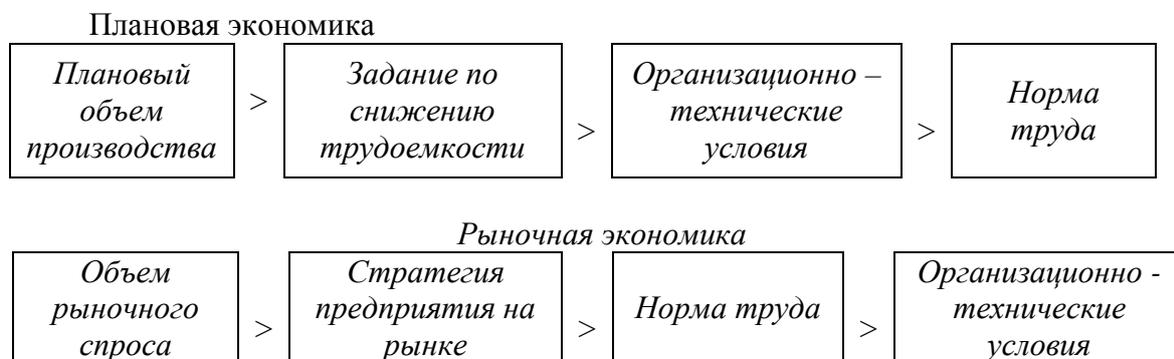


Рисунок 1. Последовательность обоснования норм труда в условиях планового и рыночного механизма хозяйствования

Для каждого работника обосновывается с учетом организационно-технических требований не норма труда, а наоборот, организация труда, производства и управления должна быть направлена на безусловное выполнение нормы затрат труда, обеспечивающего не выполнение плана, а достижение целей деятельности предприятия в условиях рынка.

Однако нормирование труда в последние годы не только не улучшилось, но резко ухудшилось. По полученным материалам с предприятий при апробации межотраслевых нормативов времени, на 280 предприятиях различных видов экономической деятельности уровень нормирования значительно снизился. Так, если в 1990 г. нормировался труд около 90% работников, занятых в реальном секторе

экономики, то в настоящее время эти показатели составляют 50–55%, при этом средний процент выполнения норм в отдельных областях промышленности составляет 220–260%.

В новых экономических условиях не только ужесточаются требования к качеству нормирования, но и создаются автоматизированные системы для нормирования труда которые повышают его уровень, и усиливают воздействие на эффективность производства и повышения производительности труда.

В чем же причины ухудшения нормирования труда на предприятиях?:

- по существу не ведется учет и планирование снижения стоимости выпускаемой продукции (услуг);
- перестали составляться планы организационно–технических мероприятий для технических подразделений;
- не выдаются задания по снижению трудоемкости;
- на большинстве предприятий отсутствует система контроля за качеством действующих норм и их пересмотр в связи с изменением организационно–технических условий;
- нормативная база межотраслевых и отраслевых нормативов в большинстве своем была утрачена, а поэтому предприятия используют нормы труда, ранее рассчитанные под уровень заработной платы;
- свелось к нулю нормирование труда в период освоения новой продукции;
- в отдельных случаях применяются нормы, которые устанавливаются произвольно без учета степени технического оснащения производства, уровня освоения рабочими новых методов и приемов труда;
- отсутствие научно–методических рекомендаций по совершенствованию нормирования труда и разработке норм и нормативов.

Социальное обоснование нормирования призвано повышать содержательность трудового процесса и привлекательность данного вида работ. Воздействие большинства факторов данной группы на величину затрат труда осуществляется непосредственно через технические, организационные, психофизиологические и экономические факторы.

Экономическое обоснование нормирования заключается в выборе наиболее рационального варианта выполнения как отдельных элементов операции, так и операции в целом, путем оптимизации технологического и трудового процесса по экономическим критериям на основе учета экономических факторов и ограничений.

Основные методы нормирования труда представлены на (рисунке 2).

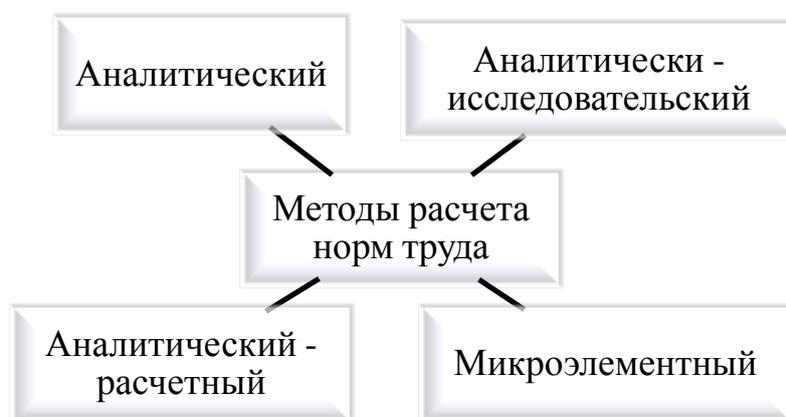


Рисунок 2. Методы нормирования

Аналитический метод: нормируемая операция разделяется на элементы; определяются факторы, влияющие на время выполнения элемента (вес, материал, инструмент и т.п.); анализируется состав и последовательность выполнения операции; изучаются производственные возможности; проектируется рациональный состав операции и отдельные элементы; разрабатываются организационно – технические мероприятия, позволяющие внедрить рациональный трудовой процесс; внедряется рассчитанная норма труда.

Аналитически – расчетный метод: операции разделяют на укрупненные элементы; продолжительность их выполнения определяется с использованием централизованно разработанных нормативов; проверяются по конкретной операции с учетом организации труда и производства.

Аналитически – исследовательский метод: установление, исследование и анализ норм времени осуществляется на основе данных хронометража и фотографии рабочего времени.

Микроэлементный метод: основан на том, что все многообразие действий рабочего разделены на простейшие движения (микроэлементы);

Таким образом, для предприятий одним из актуальных направлений повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции является своевременная разработка комплекса мероприятий направленных на внедрение автоматизированной системы методов нормирования.

Список литературы

1. Бухалков М.И. Управление качеством норм труда на предприятии - М. Экономика и Финансы 2004-304 с.
2. Петреченко П.Ф. Роль научно обоснованных норм труда на предприятии М. Экономика и Финансы 1974-64 с.
3. Генкин Б. М. Нормы труда и эффективность производства. — М.: Экономика, 1977. — 182 с.



РАЗРАБОТКА ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПРИВОДА РОБОТА**Шаповалов Н.Л., Соколов Д.Е.,****научные руководители: Лукин Р.С., канд. техн. наук Вавилов Д.В.***Сибирский федеральный университет*

Волновые зубчатые передачи (ВЗП) находят широкое применение в электромеханических приводах лучших зарубежных (КУКА) и отечественных промышленных роботов [1].

Волновые передачи имеют меньшие массу и габариты, большую кинематическую точность, меньший мёртвый ход, высокую вибропрочность за счёт демпфирования (рассеяния энергии) колебаний, создают меньший шум.

При необходимости такие передачи позволяют передавать движение в герметичное пространство без применения уплотняющих сальников, что особенно ценно для авиационной, космической и подводной техники, а также для машин химической промышленности.

Кинематически эти передачи представляют собой разновидность планетарной передачи с одним гибким зубчатым колесом. На рис. 1 изображены основные элементы волновой передачи: неподвижное колесо 7 с внутренними зубьями, вращающееся упругое колесо 2 с наружными зубьями и водило h . Неподвижное колесо закрепляется в корпусе и выполняется в виде обычного зубчатого колеса с внутренним зацеплением. Гибкое зубчатое колесо имеет форму стакана с легко деформирующейся тонкой стенкой: в утолщенной части (левой) нарезаются зубья, правая часть имеет форму вала. Водило состоит из овального кулачка и специального подшипника.

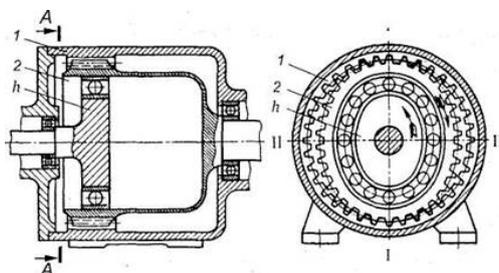


Рис. 1. Волновая передача

Гибкое колесо деформируется так, что по оси овала I—I зубья зацепляются на полную рабочую высоту; по оси II—II зубья не зацепляются.

Передача движения осуществляется за счет деформирования зубчатого венца гибкого колеса. При вращении водила волна деформации бежит по окружности гибкого зубчатого венца; при этом венец обкатывается по неподвижному жесткому колесу в обратном направлении, вращая стакан и вал. Поэтому передача и называется волновой, а водило — волновым генератором.

Распределение передаваемых усилий по нескольким зонам уменьшает нагрузку на элементы пар и позволяет существенно уменьшать габаритные размеры и массу механизмов. Многозонный и многопарный контакт звеньев существенно увеличивает жесткость механизма, а за счет осреднения ошибок и зазоров, уменьшает мертвый ход и кинематическую погрешность механизма. Поэтому волновые механизмы обладают высокой кинематической точностью и, несмотря на наличие гибкого элемента, достаточно высокой жесткостью. Образующиеся в структуре волнового механизма внутренние контуры, увеличивают теоретическое число избыточных или пассивных

связей в механизме. Однако гибкое колесо за счет податливости компенсирует ряд возникающих перекосов. Поэтому при изготовлении и сборке волновых механизмов число необходимых компенсационных развязок меньше чем в аналогичных механизмах с жесткими звеньями.

Расчет геометрии волнового зубчатого зацепления.

Далее проводим расчет в программе Mathcad14 с заданными параметрами, по стандартной методике, а именно:

$P_{dv} = 1.5$ (КВт) Номинальная мощность двигателя

$n_{dv} = 1000$ (об/мин) Частота вращения двигателя

$n_v = 7.5$ (об/мин) Частота вращения выходного вала

$t = 10000$ (Ч) Срок службы

В результате проведенных расчетов получаем геометрические параметры гибкого колеса ВЗП :

$b = 26.99$

$b_1 = 5.39$

$b_2 = 10.79$

$S_1 = 1.25$

$S_3 = 1.5$

$S_4 = S_3 = 1.5$

$S_5 = S_3 = 2.85$

$d_{ag} = 182.76$

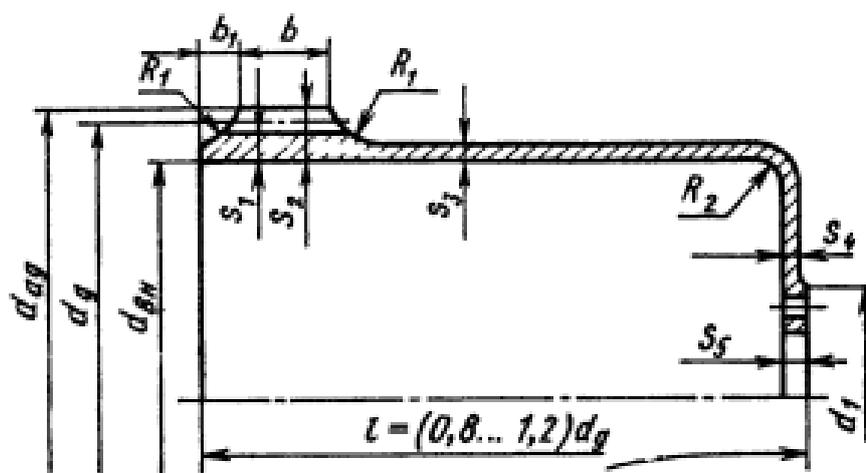
$d_{вн} = 178$

$d_g = 179.25$

$L = 179.25$

$R_1 = 6$

$R_2 = 4.5$



Оценим возможность применения гибкого колеса, изготовленного следующими способами:

- Фрезерование поковки
- Сварка из отдельных деталей

Для того чтобы оценить выносливость детали была использована программная среда ANSYS S Workbench

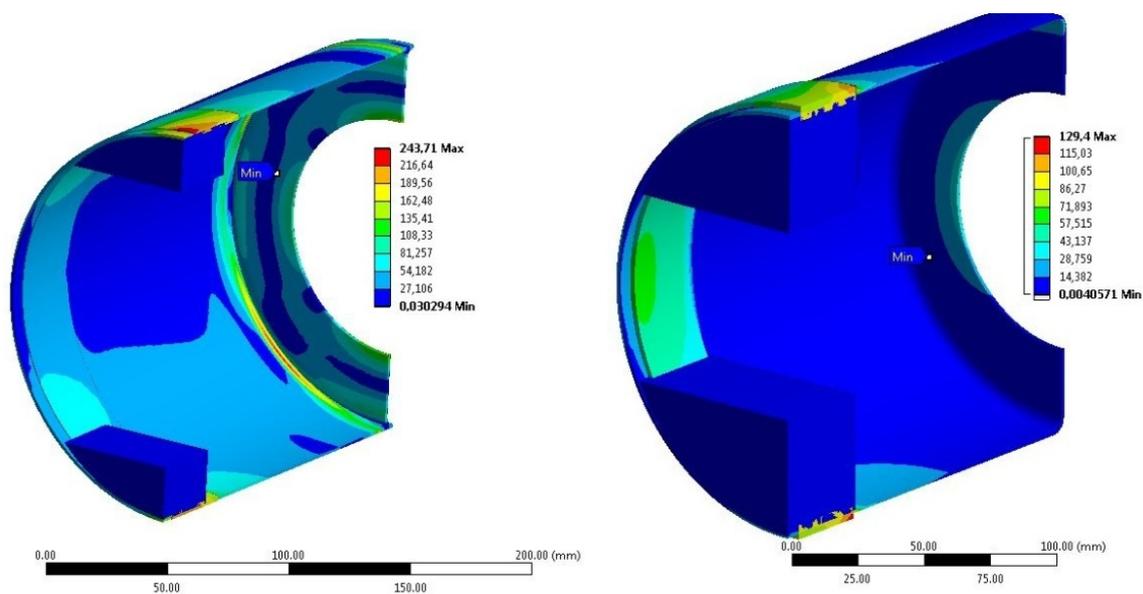
ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчётов (CAE, Computer-Aided Engineering) и КЭ решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций (включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструкций), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей. Моделирование и анализ в некоторых областях промышленности позволяет избежать дорогостоящих и длительных циклов разработки типа «проектирование — изготовление — испытания»

Была учтена следующая модель материала стали 30ХГСА и введены ее следующие параметры:

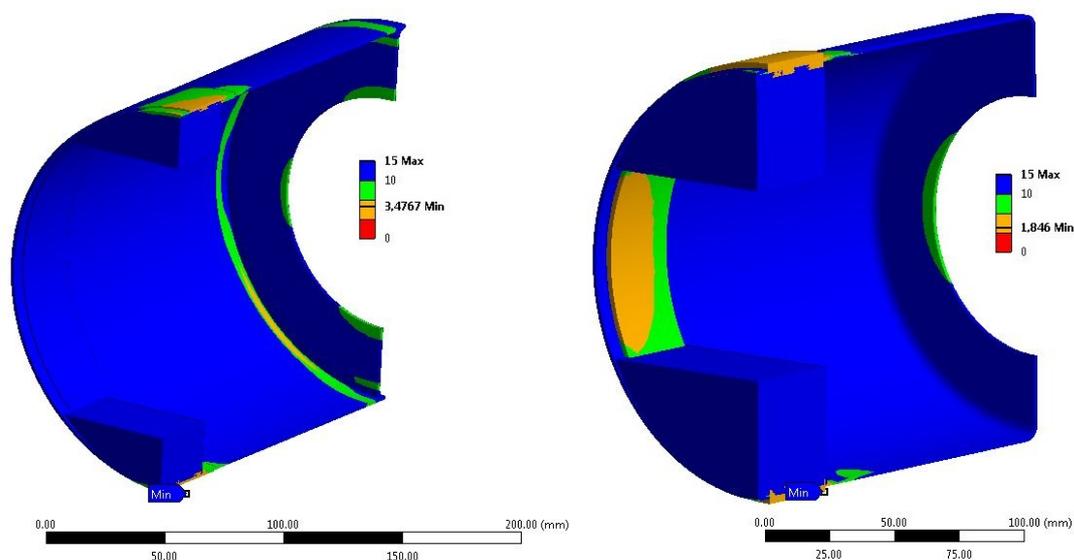
- предел выносливости (440 МПа)
- предел текучести (850 МПа)
- предел прочности (1100 МПа)



Данные параметры влияют на количество циклов, которые может выдержать деталь.



Напряжения, которые испытывают заготовки. (Слева заготовка сварная, справа кованая)



Коэффициент безопасности заготовок. (Слева заготовка сварная, справа кованая)

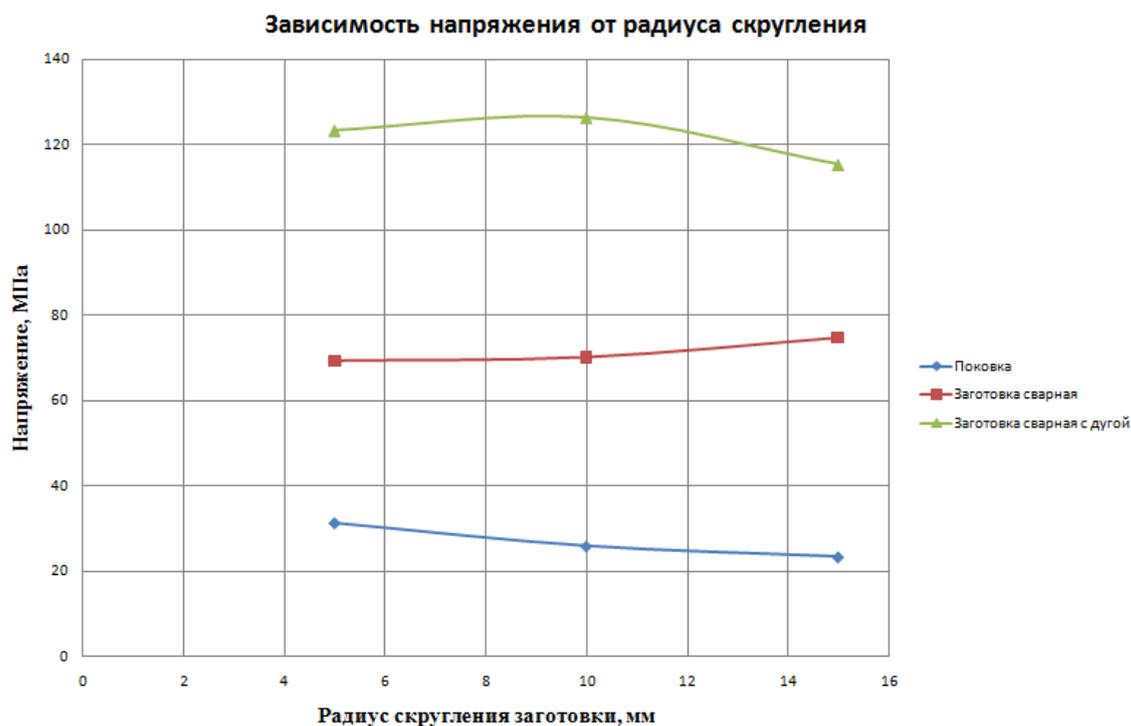


График зависимости напряжения от радиуса скругления

Вывод: в месте сварки есть напряжение, значит, с точки зрения жизненного цикла детали подходят оба варианта, с точки зрения технологичности нам подходит сварной вариант. Поковка держит большее напряжение, но изготавливать ее затруднительно, смысл в ее использовании есть только при серийном производстве.

Список литературы

1. Механика промышленных роботов: Учеб. Пособие для вузов: В 3 кн./ Под ред. К.В.Фролова, Е.И.Воробьева. Кн. 2 : Расчет и проектирование механизмов/ Е.И.Воробьев, О.Д.Егоров, С.А.Попов. - М.: Высш. Шк., 1988.-367 с.: ил.
2. Лукин Р.С., Усаков В.И., Вавилов Д.В., Иптышев А.А. Моделирование взаимодействия звеньев волновых зубчатых передач. Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2013. № 1 (47). С. 118-122.
3. Вавилов Д.В., Лукин Р.С., Усаков В.И. Методика проектирования зубчатых передач механизмов приводов различного назначения. Решетневские чтения. 2014. Т. 1. № 18. С. 280-282.



ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ ПРОФИЛЯ ЗУБА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО НАСОСА ПРИЦЕПНОГО НЕСАМОХОДНОГО ЭКСКАВАТОРА

Шатрюк И.В.,

научный руководитель канд. техн. наук Вавилов Д.В.

Политехнический институт СФУ

Развитие систем малой механизации не стоит на месте, так как существует спрос на технику с небольшими габаритными размерами способную работать в условия ограниченного пространства успешно заменяя тяжелый ручной труд.

В качестве объекта исследования выбран экскаватор прицепного типа (Рисунок 1). Общее, что объединяет оборудование данного типа – возможность его транспортировки с помощью фаркопа легкового автомобиля, фургона и небольшого грузовика. После доставки в пункт назначения экскаватор передвигается при помощи ковша или откатывается оператором вручную.



Рисунок 1. Прицепной не самоходный экскаватор

Работа с экскаваторами данного типа не требует специальной подготовки и документов о квалификации оператора. Благодаря отличной управляемости и маневренности экскаватор способен осуществлять множество работ различного типа, связанных с землеройной сферой. Ширина отвалов равна ширине самой конструкции, что в свою очередь добавляет устойчивости во время работы.

Экскаваторы подобного типа нашли свое применение в сельском хозяйстве, а также в компаниях, занимающихся газификацией, электрификацией и установкой локальной канализации. Известно об опыте использования данной машины и для очистки озер (методом крепления ее к понтону). Прицепной мини-экскаватор имеет массу всего 500 кг. Производительность - 1 кубометр за 20-30 минут. Максимальная глубина копания составляет 2,4 м, усилие копания – 800 кг. Двигатель машины бензиновый, мощностью 15 л.с. Данный тип экскаваторов находится в самом нижнем ценовом диапазоне среди экскаваторов, что расширяет круг лиц, которым доступно приобретения этого экскаватора.

Основным агрегатом, определяющим производительность и скорость движения рабочих органов, являются насос и двигатель. При проектировании системы гидропривода был выбран насос шестерённого типа – НШ-32. В шестеренных насосах, вследствие несжимаемости жидкости, существует проблема запертых объемов. Для устранения запертых объемов передачи проектируются с увеличенным боковым зазором и коэффициентом перекрытия не более 1. При возникновении запертых объемов возможно снижения КПД насоса за счет возникновения момента сопротивления.

На первом этапе оптимизация профиля проводилась в пакете GearAnalysis [1,2]. Данный программный комплекс позволяет анализировать взаимодействие зубчатой пары при заданных геометрических и технологических параметрах (Рисунок 2).

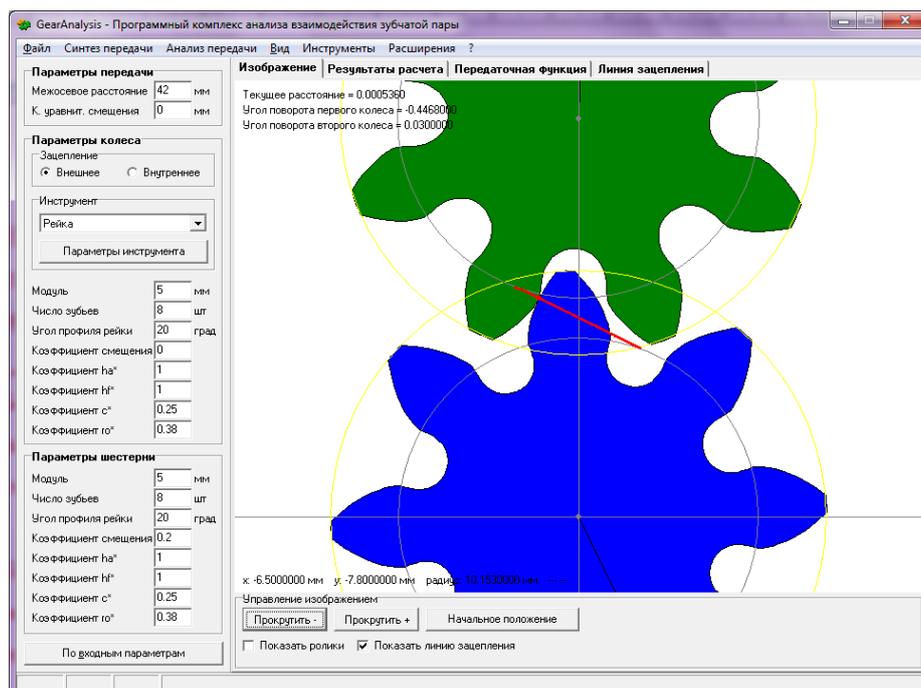


Рисунок 2. Интерфейс программного комплекса GearAnalysis

В результате проведенных исследований процесса взаимодействия зубчатой пары шестеренного насоса были выбраны варианты параметров, при которых коэффициент перекрытия пары не более 1 и имеется гарантированный боковой зазор. Выбранные варианты в дальнейшем будут промоделированы с использованием средств вычислительной гидродинамики.

Список литературы

1. Смирнов, А.П. Программный комплекс синтеза геометрии и взаимодействия разномодульных зубчатых пар внешнего и внутреннего зацепления GearAnalysis / А.П. Смирнов, Д.В. Вавилов, А.А. Иптышев, А.В. Шигина // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2012612189. Дата регистрации: 28 февраля 2012 г.
2. Смирнов, А.П. Разработка объектно-ориентированной модели программного комплекса для проектирования и моделирования взаимодействия разномодульных зубчатых пар внешнего и внутреннего зацепления / А.П. Смирнов, А.А. Иптышев, Д.В. Вавилов, М.М. Колегова, Д.Б. Елисеев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. – 2011. - № 7(40). – С.42-47.



ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОРПУСА МЕХАНИЗМА ГН

Яблонская О.В.,

научный руководитель канд. техн. наук Авраменко В. Е.

Сибирский Федеральный Университет Политехнический институт

Корпус механизма горизонтального наведения (ГН) является базовой деталью, обеспечивающей точность относительного положения собираемых в ней сборочных единиц и деталей узла или механизма. Служебное назначение корпуса реализуется за счет обеспечения точности связей между его поверхностями – основными и вспомогательными конструкторскими базами. Эти связи в свою очередь, регламентируются техническими условиями на изготовление корпуса.

Изготовление качественных корпусных деталей возможно на основе проектирования эффективных технологических процессов. Целью работы является совершенствование методики их проектирования.

Научной новизной работы является реализация оптимизационного подхода в проектировании технологического процесса изготовления корпусной детали, т. е. решение оптимальных технико-экономических задач на каждом этапе проектирования.

В данной работе в качестве критерия оптимизации при технологическом проектировании используется трудоемкость $T(ТП)$ изготовления детали по технологическому процессу ТП. Оптимальным $ТП_{\text{опт}}$ является вариант технологического процесса, обеспечивающий минимальную величину трудоемкости:

$$T(ТП_{\text{опт}}) = \min T(ТП)$$

T принадлежит MT , где MT - множество допустимых вариантов технологических процессов.

Анализ множества MT допустимых вариантов последовательности изготовления корпуса возможен только на основе специальных алгоритмов и программ оптимизации.

Система проектирования ТП имеет многоуровневый характер, поэтому различаем три уровня оптимизации:

- уровень маршрута;
- уровень операции;
- уровень технологического перехода.

Оптимизация ТП выполняется по уровням: оптимизация операций осуществляется на основе использования оптимизированных переходов, а оптимизация процесса в целом (уровень маршрута) выполняется на основе оптимизированных операций. Центральной оптимизационной задачей является оптимизация на уровне перехода и оптимизация структуры операции или плана ее реализации, поскольку полная обработка корпуса осуществляется полностью на одном станке.

В работе реализуется два вида оптимизации:

- структурная оптимизация;
- параметрическая оптимизация.

Оптимизация на уровне операции является структурной, так как связана в основном с выбором оптимальной структуры операции или плана ее построения. Оптимизация на уровне перехода является параметрической, так как достигается путем варьирования параметрами перехода. Например, оптимальные режимы резания достигаются путем варьирования подачей, скоростью резания и припусками.



Для разработки структуры операции и оптимального плана выполнения технологических переходов применяется оптимизация на уровне операции. Существует два метода построения плана операции:

1. Формализованный метод.
2. Основанный на логике, реализованной выявлением связей между поверхностями.

Множество МТ допустимых вариантов является очень большим и может быть задано алгоритмически, т. е. в виде правил, имеющих как формальный так и неформальный характер. При структурной оптимизации наиболее приемлемыми являются поисковые методы оптимизации. При параметрической оптимизации могут быть применены известные методы линейного и нелинейного программирования.

Для данного корпуса оптимизация на уровне технологического перехода рассматривается для переходов черного и чистового фрезерования сложнопрофильного контура корпуса.

Критерии оптимизации:

1. Для черного фрезерования – минимальная трудоемкость выполнения перехода.

Разработаны три варианта управляющих программ, соответствующих приведенным (рисунок 1, 2, 3) трем вариантам стратегий черного фрезерования. Размеры сечения снимаемого слоя материала:

1. Вариант стратегии: по координате x – фрезерование конечного контура черного фрезерования, по координате z – 1 мм (рисунок 1).

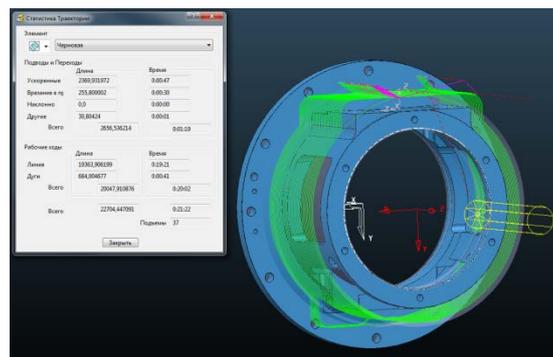


Рисунок 1. Черновое фрезерование, 1 вариант

2. Вариант стратегии: по координате x – 1мм, по координате z – 55 мм, по чертежу корпуса (рисунок 2).
- 3.

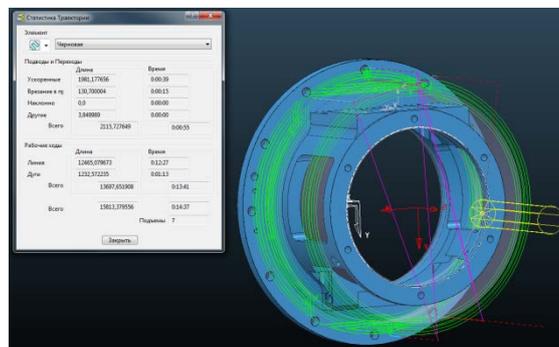


Рисунок 2. Черновое фрезерование, 2 вариант



4. Вариант стратегии: по координате $x=1$ мм, по координате $z=5$ мм (рисунок 3).

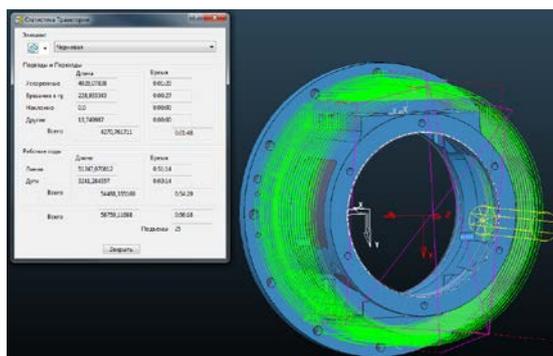


Рисунок 3. Черновое фрезерование, 3 вариант

Получены следующие значения трудоемкости:

1. Вариант: $t_{\text{маш}} = 21$ мин 22 сек.
2. Вариант: $t_{\text{маш}} = 14$ мин 37 сек.
3. Вариант: $t_{\text{маш}} = 56$ мин 18 сек.

Минимальную трудоемкость обработки обеспечивает второй вариант. Однако этот вариант исключается в связи с тем, что не обеспечивает соответствие ограничению по прочности инструмента. Таким образом, оптимальным по трудоемкости является первый вариант стратегии.

2. Для чистового фрезерования – критерием оптимальности является минимизация погрешности обработки. Отклонение от параллельности торца сложнопрофильного контура относительно вспомогательной конструкторской двойной центрирующей базы – цилиндрической поверхности $\phi 125^{+0,04} - B_1$. Допуск параллельности не более 0,02. Возможное отклонение рассчитывается как упругая деформация режущего инструмента в зависимости от его диаметра и режима обработки (рассчитывается по программе ANSYS).

Критерием оптимизации на уровне операции является минимальная трудоемкость выполнения операции. Анализ функционального назначения различных поверхностей детали и размерных связей между ними (таблица 1, рисунок 4, 5) позволяет сформировать приемлемые варианты последовательности выполнения технологических переходов.

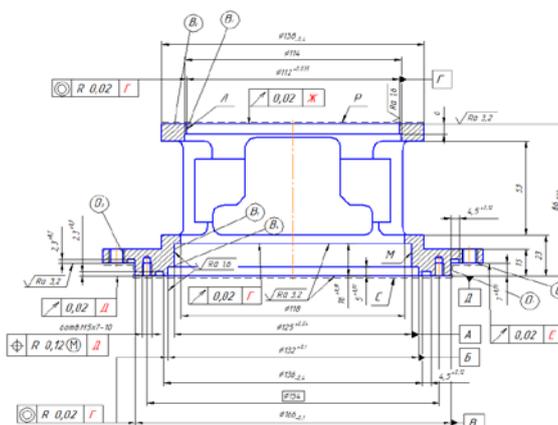


Рисунок 4. Обозначение поверхностей корпуса:
 $O_1 \div O_3$ – основные конструкторские базы; $B_1 \div B_7$ – вспомогательные базы

Таблица 1. Матрица связей поверхностей детали

Пов-сти	O ₁	O ₂	O ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	
O ₁	Φ166 ^{-0,1}	⊥	7 ^{+0,15}	◎0,02		◎0,02	⊥	65±0,0 5	36±0, 2	73±0, 2	9
O ₂	⊥	x	⊥								3
O ₃	7 ^{+0,15}	⊥	12от ВМ8								2
B ₁	◎0,02		4,5	Φ112 ^{+0,03} 5	⊥	◎0,02					3
B ₂				⊥	x						1
B ₃	◎0,02			◎0,02		Φ125 ^{+0,} 04	⊥				3
B ₄	⊥					⊥	x				2
B ₅	65±0,0 5							Φ6 ^{+0,012}			1
B ₆	36±0,2								Φ4,5		1
B ₇	73±0,2									x	1

Следующий шаг – построение графа связей поверхностей корпуса, представленного на рисунке 5.

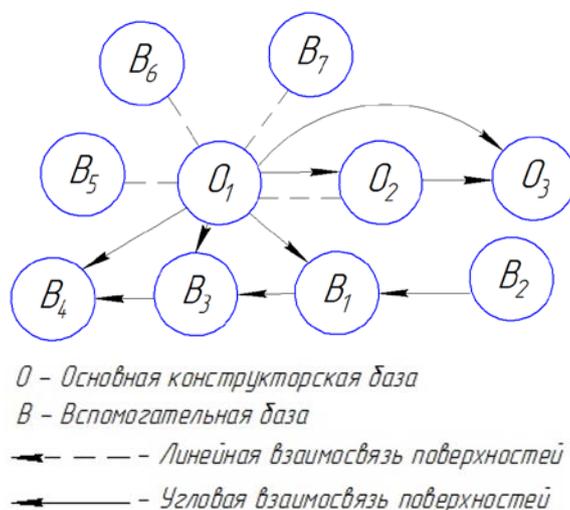


Рисунок 5. Граф связей поверхностей корпуса

В результате анализа приведенных связей установлено, что положение большинства поверхностей определяется относительно основной конструкторской двойной центрирующей базы – наружной цилиндрической поверхности $\phi 166_{-0,1}$ – O₁.

Оценка по трудоемкости возможных вариантов последовательности выполнения технологических переходов осуществляется средствами САМ проектирования на основе разработанных управляющих программ.

Реализация приведенного комплекса методик оптимизации, на различных этапах проектирования технологического процесса, обеспечивает достижение принятых критериев оптимизации и выполнение корпусной детали ее служебного назначения.