



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№9(38)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2020



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам XXXVIII международной
научно-практической конференции*

№ 9 (38)
Октябрь 2020 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2020

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XXXVIII междунар. науч.-практ. конф. – № 9 (38). – М.: Изд. «МЦНО», 2020. – 26 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2020

Оглавление

Раздел 1. Технические науки	4
1.1. Авиационная и ракетнокосмическая техника	4
РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНТУРА ОБТЕКАТЕЛЯ КИЛЕВОЙ БАЛКИ С ПОМОЩЬЮ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ NX Меркулова Татьяна Викторовна	4
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МАТЕРИАЛА 40ХН2МА Пушкарский Дмитрий Михайлович	12
1.2. Электротехника	17
ВЛИЯНИЕ ПЕРЕКРЕСТНЫХ СВЯЗЕЙ В СИСТЕМЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С МОДАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ Чертыков Петр Николаевич Пахомов Александр Николаевич	17

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНОКОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНТУРА ОБТЕКАТЕЛЯ КИЛЕВОЙ БАЛКИ С ПОМОЩЬЮ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ NX

Меркулова Татьяна Викторовна

*магистрант, Восточно-сибирский государственный университет
технологии и управления,
РФ г. Улан-Удэ*

Характерным признаком и основным этапом эволюции в авиастроении является полномасштабное применение современных технологий на всех этапах производства. В настоящее время идет активное внедрение CAD-CAM систем различного уровня сложности, что позволяет существенно сократить сроки разработки и изготовления авиационной техники. Постепенно возникает необходимость перехода к более совершенным методам конструирования. Создание пространственной твердотельной модели компоновки позволяет обеспечить контроль взаимного расположения элементов и систем вертолета. На Улан-Удэнском авиационном заводе было принято решение о перезапуске обтекателя килевой балки в режиме твердотельного моделирования в системе NX.



Рисунок 1. Концевая балка

Концевая балка МИ171-А2 (рис.1) предназначена для выноса оси вращения рулевого винта в плоскость вращения несущего винта с целью обеспечения равновесия моментов сил относительно продольной оси вертолета. Килевая балка располагается в хвостовой части фюзеляжа, являясь составной частью концевой балки. Конструктивно концевая балка является продолжением хвостовой и имеет изгиб вверх для выноса хвостового винта из зоны затенения хвостовой балки. Задняя плоскость килевой балки прикрыта съемным аэродинамическим обтекателем, улучшающим путевую устойчивость и управляемость, а после снятия открывающим доступ для обслуживания промежуточного и хвостового редукторов, их трансмиссии и тросовой проводки управления штоком изменения шага хвостового винта. Килевая балка передает нагрузку от хвостового винта через себя, хвостовую балку и гаргрот фюзеляжа, чем создает момент, парирующий момент несущего винта [1].

Все узлы и агрегаты, собираемые в сборочных приспособлениях, эталонируются. Для изготовления комплекта сборочной оснастки необходимо изготовить комплект эталонов поверхности, контр-эталонов и монтажных эталонов. Подробная схема увязки оснастки для летательных аппаратов, с объемным источником информации поверхности представлена на рисунке 2[2].

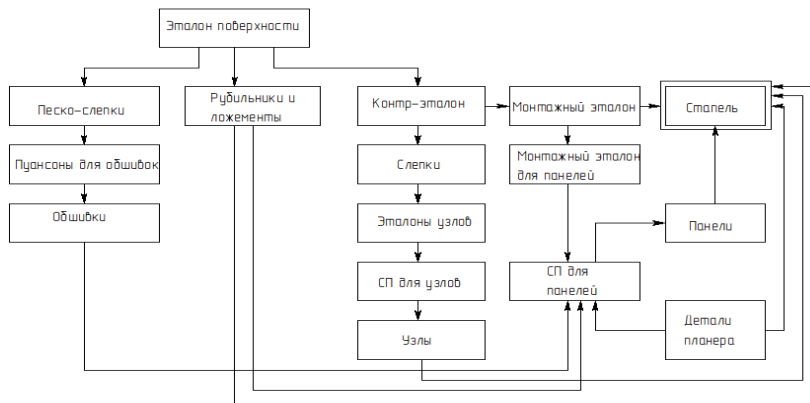


Рисунок 2. Схема передачи геометрии информации при монтаже по эталону

Источником эталона является ШКК – шаблон контрольный контурный – основной шаблон, жесткий носитель информации, в котором в натуральную величину вручную вычерчено сечение всех деталей, лежащих в плоскости данного узла. ШКК изготавливается по таблицам координат, т.е. является теоретическим контуром, по которому изготавливается макет-эталон, являющийся основой для детальной и сборочной оснастки (рис.3). [3].



Рисунок 3. ШКК для килевой балки и обтекателя

С внедрением CAD- CAM- CAE системы NX осуществляется переход к безэталонному методу проектирования. Основой для

твердотельного моделирования являются теоретические обводы вертолёта (рис.4). Каждая поверхность была получена путем создания сетки кривых, охватывающих элементы пространственной компоновки с последующим натяжением на них гладкой поверхности.

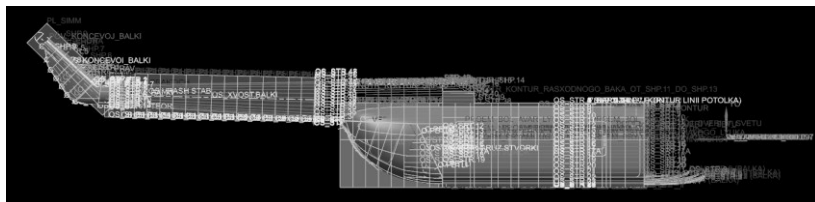


Рисунок 4. Теоретические обводы вертолета МИ171-А2

Теоретический контур концевой балки МИ171-А2 (рис.5) изначально был сформирован из гладкосопряженных между собой поверхностей килевой балки и обтекателя, в которых не предусматривалось расширение обтекателя под обшивки килевой балки.

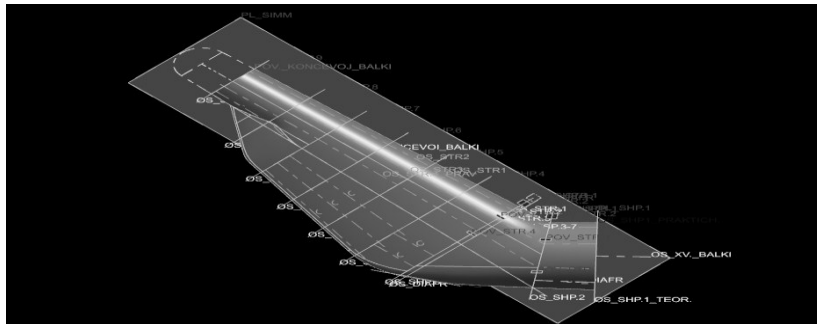


Рисунок 5. Теоретические обводы килевой балки

Сложность моделирования килевой балки заключается в состыковке съемного обтекателя с обшивками килевой балки (со 2 по 7 шпангоут) и несъемной частью обтекателя (рис.6). Места соприкосновения балки и обтекателя разнятся, начиная от второго до седьмого шпангоута, т.к. обшивки килевой балки имеют разную толщину от поверхности теоретического контура. Обтекатель не имеет подсечек (резких углублений или подъемов металла на толщину

смежной детали) по чертежу, соответственно он должен плавно повторять контур балки. Для моделирования и прикрепления обтекателя к килевой балке необходимо разработать рабочий теоретический контур обтекателя, который предусмотрен на ШКК, но не предусмотрен в электронном теоретическом контуре килевой балки. (Рис. 7)

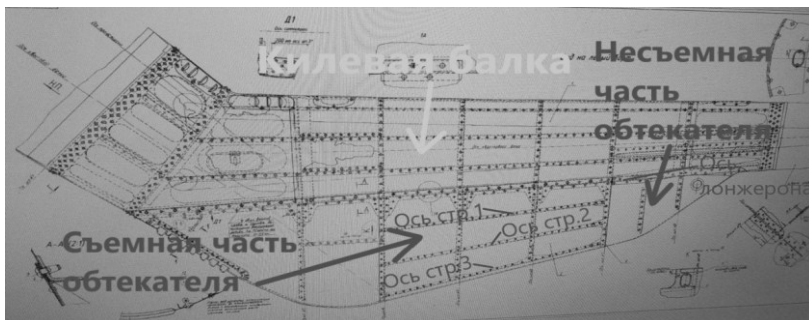


Рисунок 6. Компоновка частей концевой балки

Расширение теоретического контура обтекателя начинается от 2 стрингера до точки прилегания к обшивке килевой балки на расстоянии 20 мм от оси лонжерона по чертежу (рис.6).

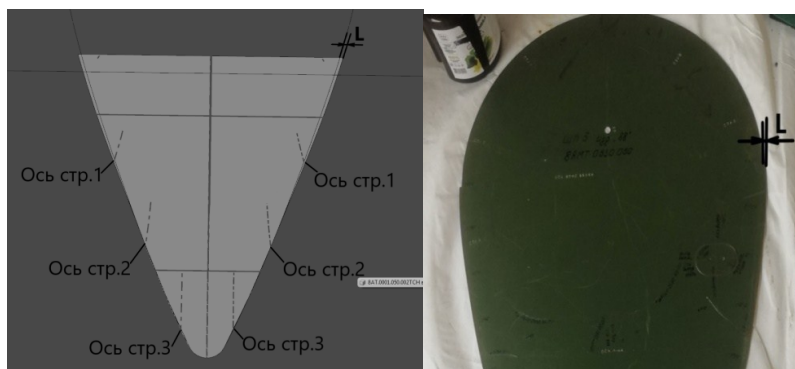


Рисунок 7. Расширение рабочего теоретического контура обтекателя

Расстояние верхней точки от ТК (L) представлено в таблице 1:

Таблица 1.

Величина отступа от теоретического контура

Ось ШП2	2,5мм
Ось ШП3	2,5мм
Ось ШП4	0мм
Ось ШП5	3,3мм
Ось ШП6	3,3мм
Ось ШП7	3,3мм

Используя теоретический контур и точки расширения, были построены сечения по шпангоутам килевой балки.(Рис.8)

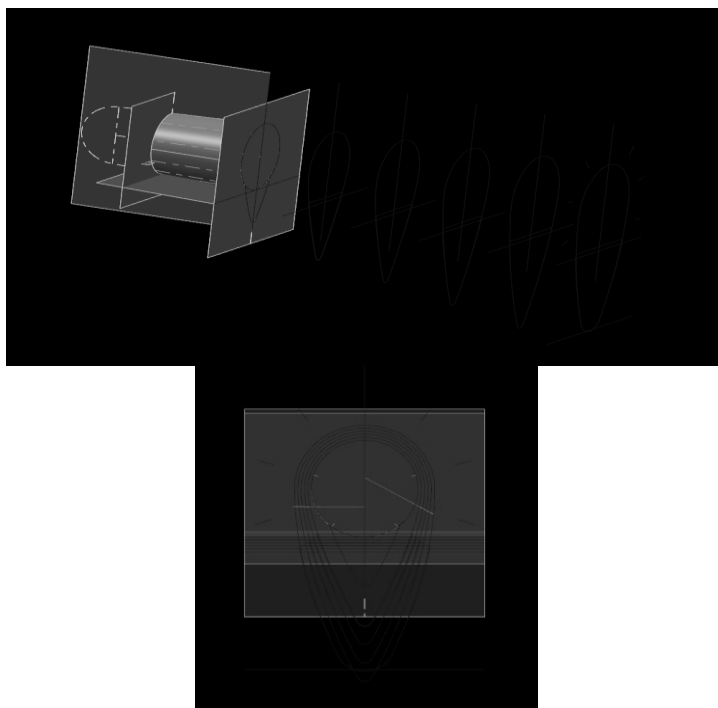


Рисунок 8. Сечения по шпангоутам килевой балки

По построенным сеткам кривых была натянута поверхность, которая послужила теоретическим контуром обтекателя и является внутренним контуром обшивок (рис.9).

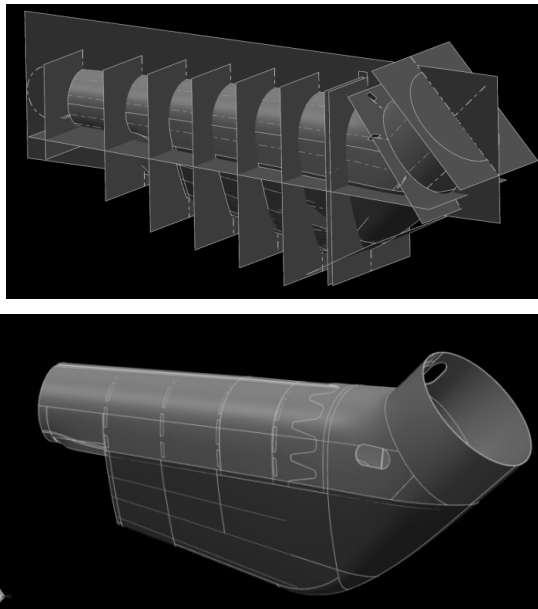


Рисунок 9. Теоретический контур обтекателя килевой балки

Спроектированные по чертежу твердотельные модели в системе NX показаны на рис.10.

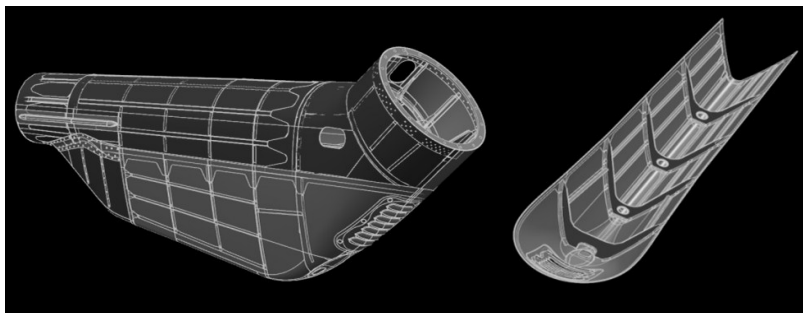


Рисунок 10. Твердотельные модели обтекателя килевой балки

При разработке моделей концевой балки возникли проблемы, т.к. в теоретическом контуре килевой балки не предусматривалось расширение обтекателя под обшивку. Благодаря разработанному теоретическому контуру обтекателя удалось спроектировать

твердотельные модели (рис.10), по которым была разработана оснастка для изготовления деталей и сборочное приспособление (рис.11).

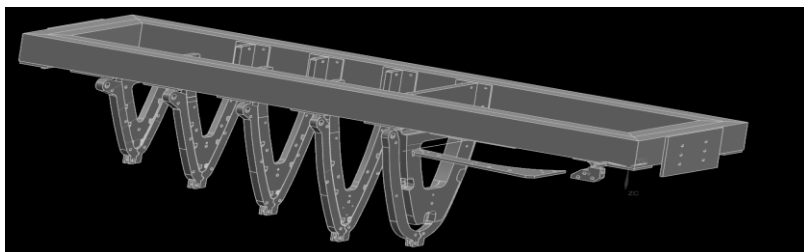


Рисунок 11. Сборочное приспособление

При эталонном методе расширение обтекателя предусматривалось на твердотельном плазе, по которому разрабатывался макет-эталон, эталонная поверхность для разработки шаблонов сборочной оснастки и оснастки для изготовления деталей. Трудоемкость данного процесса сборки составляла около 3000 н/ч.

При безэталонном методе оснастка для изготовления деталей выполняется на станке с ЧПУ по разработанной модели, что позволяет повысить точность изготовления деталей. Данный метод позволяет сократить трудоемкость от проектирования до внедрения модельной сборочной оснастки в три раза за счет исключения создания макета-эталона, эталонной поверхности и множества шаблонов.

Список литературы:

1. Богданов Ю.С. и др. Конструкция вертолетов. – М.: Машиностр. , 1990. – 272с.
2. Основы взаимозаменяемости в авиационной промышленности [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Самара: САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА, 2001. — Режим доступа: <http://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-posobiya/Osnovy-vzaimozamenyaemosti-v-aviastroenii-Elektronnyi-resurs-54253/1/.pdf>, свободный
3. Пекарш, А. И. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А. И. Пекарш, Ю. М. Тарасов, Г. А. Кривов. – М.: Аграф-пресс, 2006. – 304 с.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МАТЕРИАЛА 40ХН2МА

Пушкарский Дмитрий Михайлович

магистрант, Восточно-сибирский государственный
университет технологии и управления,
РФ г. Улан-Удэ

В настоящее время из материала 40ХН2МА на АО «У-УАЗ» изготавливается большое количество деталей, например «Переходник» (рисунок 1). Данная деталь «Переходник» является соединительным элементом и крепит лопасти вертолета с главным редуктором, которая состоит из четырех V-образных вилок сопрягаемых с лопастью, трех V-образных вилок сопрягаемых с редуктором.

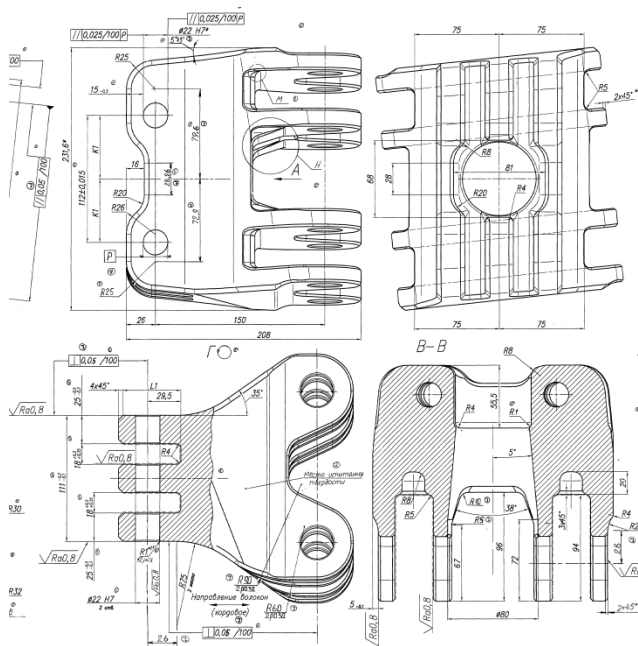


Рисунок 1. Деталь «Переходник»

На сегодняшний день проблемой обработки данной детали является непостоянство шероховатости Ra 0.8 [1] на участке внешних

поверхностей V-образных лап при чистовом торцовом фрезеровании (рисунок 2, 3, 4).

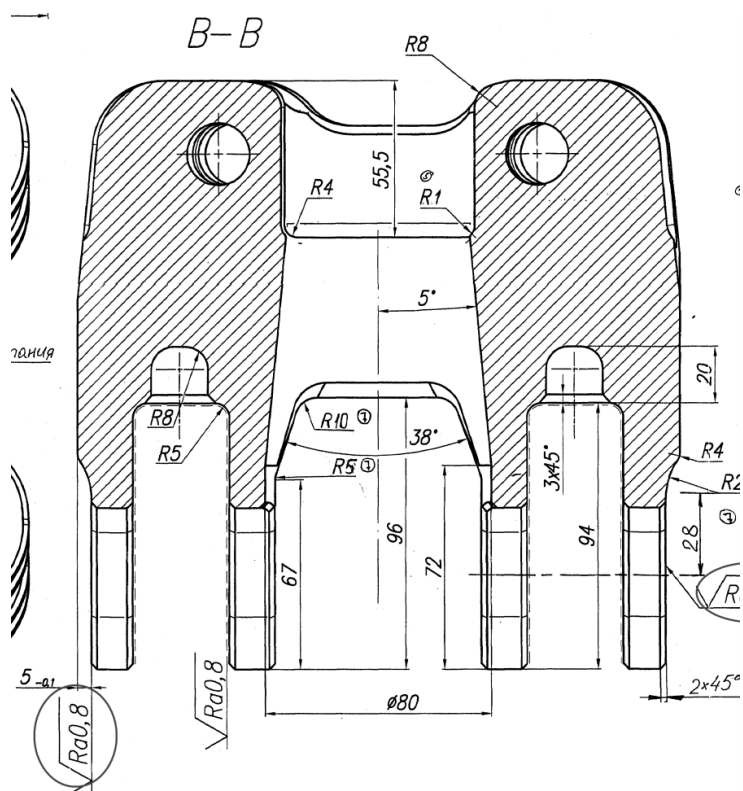


Рисунок 2. Шероховатость поверхностей $Ra0,8$



Рисунок 3. Требуемая шероховатость Ra 0.8



Рисунок 4. Получаемая шероховатость от Ra0.4 до Ra1.25

Анализ показал, что имеется 3 фактора, влияющих на качество обрабатываемой поверхности:

- Термическая обработка
- Пятнистая твердость
- Механическая обработка

В результате термической обработки существенно изменяются механические свойства сталей [2]. В отожженном состоянии структура стали состоит из Φ и Π пластинчатой формы. Феррит обладает низкой прочностью и высокой пластичностью, цементит - высокой твердостью (HB800) и нулевой пластичностью. С увеличением цементитной составляющей s_b , повышается (при увеличении содержания C) и снижается пластичность что приводит к ухудшению обрабатываемости.

При одном и том же содержании углерода прочностные характеристики (HB, s_b) стали возрастают с увеличением дисперсности карбидной составляющей.

Повышение температуры отпуска ведущее к укрупнению карбидных частиц обуславливает снижение твердости.

Высокая твердость мартенситной структуры закаленной стали обуславливается созданием структурных напряжений, вызванных искажением кристаллической решетки. Наряду с твердостью большое значение имеет пластичность. Чем выше твердость стали, тем обычно ниже пластичность и обрабатываемость, но при одинаковой твердости можно получить термической обработкой различную пластичность и вязкость стали. Вязкость и пластичность стали в значительной мере зависят от размера мартенситных игл и продуктов его распада.

Для получения высокого комплекса механических свойств закаленной стали следует стремиться к получению мелкоигльчатой структуры мартенсита, что достигается мелкозернистой структурой аустенита.

Неоднородная, или, как ее еще называют, пятнистая твердость проявляется в том, что после закалки на отдельных участках детали твердость оказывается значительно сниженной до HRC 25 - 30 по сравнению с другими участками, где величина ее нормальная и составляет HRC 33 - 38,5. Такого рода дефект может быть вызван в основном тремя причинами: неравномерным нагревом, неравномерной скоростью охлаждения, неудовлетворительной структурой стали перед закалкой.

Неравномерный нагрев различных участков детали возникает при подстуживании со стороны заслонки печи, при неудачной укладке деталей в печи и при неоднородном распределении температуры в

различных зонах ее рабочего пространства. В результате отдельные участки детали не нагреваются до требуемой температуры, и твердость их после закалки оказывается пониженной. Неравномерное охлаждение возникает при покрытии детали неравномерным толстым слоем окалины, которая затрудняет теплоотвод при закалке или при образовании паровых мешков в углублениях, имеющихся на деталях, иногда при касании деталей во время охлаждения в баке.

Наконец, причиной пятнистой твердости может быть неоднородность структуры стали перед закалкой. Например, если в структуре имеются крупные обособленные участки феррита, то при нагреве до закалочной температуры аустенит, образующийся в этих участках, будет обеднен углеродом. Понадобилось бы слишком большое время выдержки при закалочной температуре, чтобы углерод из обогащенных участков (где раньше были зерна перлита) смог переместиться к обедненным участкам. В связи с этим в местах, обедненных углеродом, при закалке получится не мартенсит, а структура типа сорбита или троостита, которая имеет более низкую твердость.

Внедрение процесса отжига в технологический процесс изготовления деталей из 40ХН2МА может решить проблему неоднородности материала.

Анализ лабораторий подтвердил, что внедрение процесса отжига в технологический процесс изготовления деталей из 40ХН2МА исключает пятнистость и неоднородность материала при термической обработке.

Таким образом, проведенные исследования позволили исключить влияние факторов термической обработки и пятнистой твердости на качество обрабатываемого материала. В настоящее время ведутся исследования на влияние механической обработки на качество получаемых поверхностей деталей из материала 40ХН2МА [3].

Список литературы:

1. ГОСТ 25142-82 Шероховатость поверхности: термины и определения.
2. Демкин Н.Б., Рыжов Э.В. Качество поверхности и контакт деталей машин. – М.: Машиностроение, 1981. – 248 с.
3. В.А. Гречишников, П.М. Пивкин Моделирование формирования шероховатости поверхности изделия в зависимости от параметров режущего инструмента и формообразующей детали при механической обработке // Вестник МГТУ «Станкин». – 2014. -№4(31). – С. 59-66.

1.2. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕКРЕСТНЫХ СВЯЗЕЙ В СИСТЕМЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С МОДАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Чертыхов Петр Николаевич

*магистрант, Сибирский федеральный университет,
РФ, г. Красноярск*

Пахомов Александр Николаевич

*доцент, канд. техн. наук, Сибирский федеральный университет,
РФ, г. Красноярск*

INFLUENCE OF CROSS-LINKS IN THE SYSTEM OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH MODAL CONTROL

Piotr Chertykov

*Undergraduate, Siberian Federal University,
Russia, Krasnoyarsk*

Alexander Pakhomov

*Candidate of Science, associate Professor,
Siberian Federal University,
Russia, Krasnoyarsk*

Аннотация. Объектом исследования в статье является замкнутая система асинхронного электропривода с модальным управлением. Предмет исследования – анализ влияния перекрестных связей в модели асинхронного электропривода на характер переходных процессов.

Abstract. The object of research in the article is a closed system of asynchronous electric drive with modal control. The subject of research is

the analysis of the influence of cross-links in the asynchronous electric drive model on the nature of transients.

Ключевые слова: модальное управление; блок компенсации; переходный процесс.

Keywords: modal control; the compensation unit; the process of transition.

В настоящее время достаточно часто уделяется внимание разработке и исследованию систем асинхронного электропривода с модальным управлением [1-3], позволяющих обеспечить более высокое быстродействие и робастность замкнутых систем электропривода по сравнению с подчиненным регулированием координат [4]. В большинстве случаев при синтезе регуляторов используется готовое математическое описание объекта управления, в состав которого входит асинхронный двигатель (АД), при этом для построения расчетов часто не учитывается наличие внутренних перекрестных связей в модели АД. Основной задачей настоящей статьи является демонстрация влияния перекрестных связей модели АД на качество переходных процессов в случае их пренебрежения при синтезе регулятора и применения блока компенсации.

В качестве объекта управления принята система преобразователь частоты с автономным инвертором напряжения – асинхронный двигатель. На структурной схеме (рисунок 1), блок М является математической моделью АД в декартовой системе координат $u-v$, вращающейся с произвольной скоростью ω_k , уравнения которой представлены в [1].

На структурной схеме приняты следующие обозначения: М – модель АД (АД RA280M2 с номинальными данными: $P_n = 90$ кВт, $n_n = 2970$ об/мин); Ψ_{23} и ω_3 – задание на потокосцепление и скорость ротора АД; K_{ij} – коэффициенты обратных связей модального регулятора; k_{iu} и k_{2u} – коэффициенты усиления, обеспечивающие требуемые потокосцепление и скорость ротора АД при наличии обратных связей; МКР – модель электромагнитного контура ротора АД; $k_{п}$ – коэффициент передачи преобразователя частоты [3].

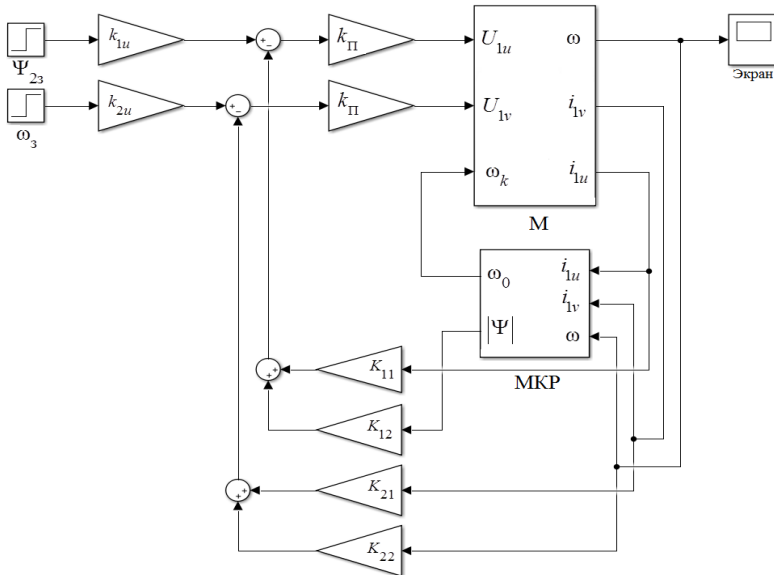


Рисунок 1. Структурная схема системы без блока компенсации

МКР описывается следующими уравнениями:

$$|\Psi| = \frac{L_m}{T_2 p + 1} i_u$$

$$\omega = \frac{k_2 R_2 i_v}{|\Psi|} = \frac{L_m i_v}{T_2 |\Psi|}$$

где p – оператор Лапласа; $|\Psi|$ – модуль вектора потокосцепления ротора; L_m – амплитудное значение взаимной индуктивности обмоток статора и ротора; T_2 – электромагнитная постоянная времени цепи ротора АД; i_{1u} и i_{1v} – проекции на оси u и v декартовой системы координат результирующего вектора тока статора \bar{i}_1 .

Синтез модального регулятора производится отдельно для двух каналов регулирования: канал регулирования потокосцепления ротора АД с настройкой на модульный оптимум и канал регулирования скорости АД с настройкой на биномиальное распределение корней

характеристического полинома замкнутой системы. Процедура синтеза модального регулятора подробно описана в [1].

Для реализации компенсации влияния внутренних перекрестных связей модели АД в структурную схему необходимо добавить блок компенсации (БК), реализуемый по уравнениям:

$$\begin{cases} U_{yu} = U_{y1u} - i_v \cdot \omega_0 \cdot \frac{R_s \cdot T_s}{k_{II}}, \\ U_{yv} = U_{y1v} + i_u \cdot \omega_0 \cdot \frac{R_s \cdot T_s}{k_{II}}. \end{cases}$$

где U_{y1u} и U_{y1v} – сигналы задания напряжения с системы управления; ω_0 – скорость вращения вектора потокосцепления ротора АД; U_{yu} и U_{yv} – сигналы задания напряжения преобразователя; R_s и T_s – эквивалентное сопротивление и эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепи статора; i_u и i_v – проекции вектора тока статора \vec{i}_1 на оси u и v декартовой системы координат.

Структурная схема БК приведена на рисунке 2. БК устанавливается в прямой тракт системы электропривода. Моделирование переходных процессов в замкнутой системе асинхронного электропривода с модальным управлением осуществляется в программе *Matlab Simulink*.

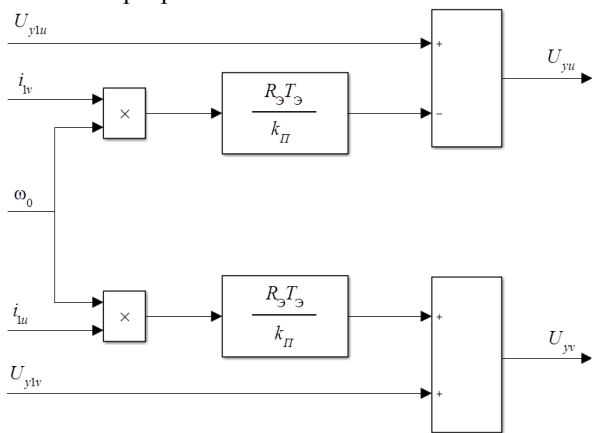


Рисунок 2. Структурная схема блока компенсации перекрестных связей

Переходные процессы угловой скорости вращения вала двигателя и модуля потокосцепления ротора приведены на рисунках 3, 4.

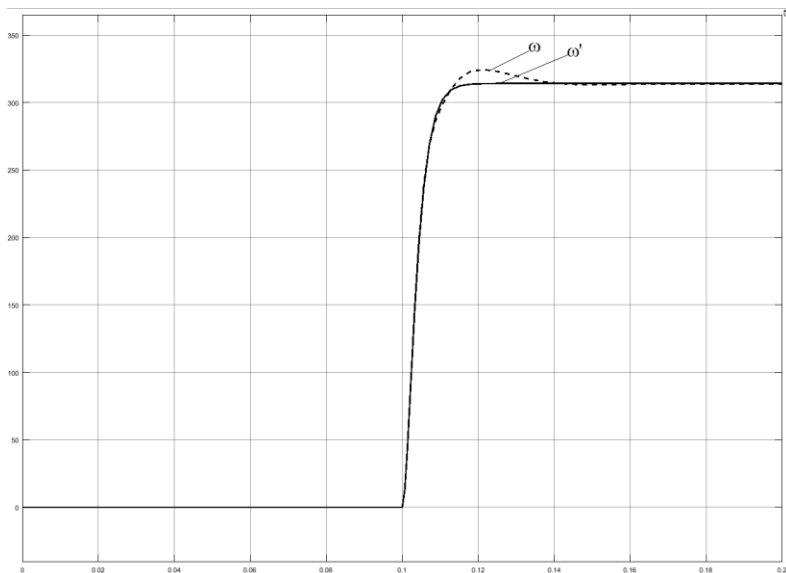


Рисунок 3. Переходные процессы угловой скорости АД
(ω – скорость без БК; ω' – скорость с БК)

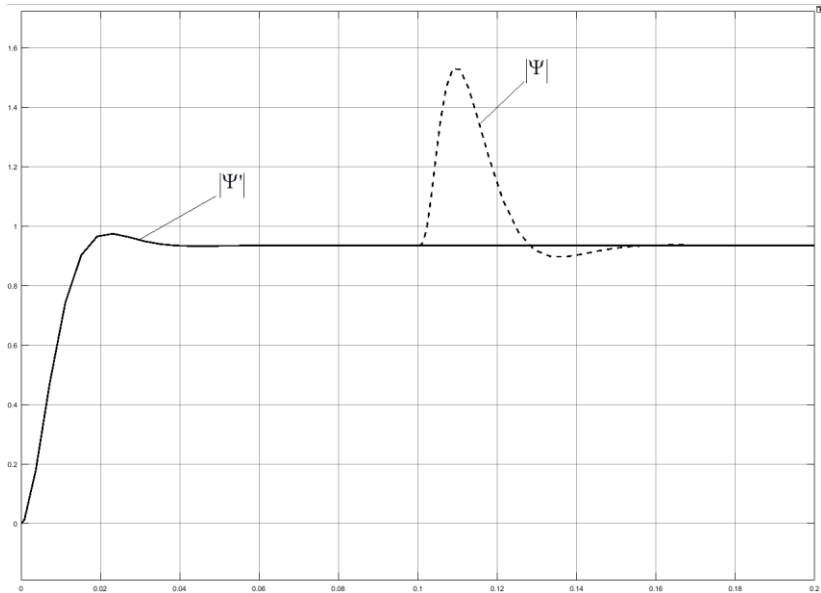


Рисунок 4. Переходные процессы модуля потокосцепления ротора АД

$(|\Psi| - \text{потокосцепление без БК}; |\Psi'| - \text{потокосцепление с БК})$

В начальный момент времени $t = 0$ подается сигнал задание на потокосцепление ротора АД Ψ_{23} . После того как потокосцепление ротора АД достигнет заданного установившегося значения (работа канала регулирования потокосцепления), в момент времени $t = 0,1$ производится скачкообразное изменение задания на скорость ω_3 и включается в работу второй канал регулирования.

Как видно из графиков при отсутствии БК характер переходных процессов угловой скорости не соответствует заданным настройкам (появляется перерегулирование), кроме того в графике потокосцепления возникает существенное (порядка 60%) отклонение потокосцепления ротора от установившегося значения. Напротив, в системе с БК характер переходных процессов соответствует заданным настройкам обоих каналов, что говорит о необходимости использования в системах управления асинхронным электроприводом компенсации перекрестных связей модели АД.

Список литературы:

1. Коротков М.Ф., Пахомов А.Н., Федоренко А.А. Модальное управление электроприводом переменного тока // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2011. № 3 (36). – С. 70–74.
2. Пахомов А.Н., Коротков М.Ф., Федоренко А.А. Астатическая система асинхронного электропривода с модальным управлением // Известия вузов. Электромеханика. – 2011. № 5. – С. 50-54.
3. Пахомов А.Н., Коротков М.Ф., Федоренко А.А. Модальные регуляторы асинхронных электроприводов // Журнал Сибирского Федерального университета «Техника и технологии». – Красноярск: СФУ – 2013. № 6 (8) – С. 943-952.
4. Пахомов А.Н., Коротков М.Ф., Федоренко А.А. Сравнительная оценка качества управления асинхронным электроприводом конденсатного насоса с подчиненными и модальными регуляторами // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2016. Том 17, № 2. – С. 423–430.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам XXXVIII международной
научно-практической конференции*

№ 9 (38)
Октябрь 2020 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 30.12.20. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 12,75. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3