

МН63423

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

УДК 621.9.06-52

АБДЪЖАПАРОВ Анарбек Самийбекович

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА ЛИТНЫХ
ЗАГОТОВОК КОРИУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ

Специальность 05.02.08.-Технология машиностроения

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана

Научный руководитель	- кандидат технических наук, доцент А.Г.КОСИЛОВА
Официальные оппоненты	- доктор технических наук, профессор А.М.КУЗНЕЦОВ кандидат технических наук А.А.ВОЛКОМИЧ
Ведущее предприятие	- МСПО "Красный пролетарий"

Защита состоится "19" октября 1987 г. в 14³⁰ час.
на заседании специализированного Совета К 053.15.15 Московского
высшего технического училища им. Н.Э.Баумана по адресу:
107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им.
Н.Э.Баумана.

Ваш отзыв на
печать, просим нап

Автореферат

Ученый секрет
кандидат техн
доцент

М463423

Л-45018

Зак. № 919 к
Типография МВТУ и

Актуальность проблемы. Одной из главных задач пвенад-
цатой пятилетки является перевод общественного производства на
интенсивный путь развития. Ключевым звеном в решении этой зада-
чи является машиностроительный комплекс. Его развитие и рекон-
струкция ориентируются на выпуск изделий высокого качества при
малоотходной и ресурсосберегающей технологии, при внедрении
комплексной автоматизации производственных процессов. Выпуск
изделий с заданными характеристиками качества и проектная эффек-
тивность технологических процессов, выполняемых на автоматизиро-
ванном оборудовании, может надежно обеспечиваться лишь при ста-
бильности во времени всех проектных условий протекания техноло-
гического процесса.

В массовом производстве при обработке с применением
специального оборудования типа агрегатных станков (АС) и автома-
тических линий (АЛ) технологический процесс и другие условия за-
ложены в специальном оборудовании и инструментальной оснастке.
В этом случае сохранение стабильности условий обработки во мно-
гом определяется стабильностью статистических характеристик по-
ступающих на обработку заготовок.

С позиций комплексной автоматизации производственных
процессов получения заготовок и их последующую обработку необхо-
димо рассматривать в тесной взаимосвязи. Несмотря на временную
и пространственную разобщенность, выполнение заготовки - это пер-
вый этап принципиально неразрывного технологического процесса
изготовления детали, а ее механическая обработка второй этап из-
готовления.

Исследования по точности обработки на действующих АЛ
корпусных деталей показали, что стабильность и устойчивость па-
раметров точности, необходимые для автоматизированного производ-
ства, нарушаются во времени под влиянием изменения характеристик
поступающих в обработку заготовок. Точность отливок недостаточ-
но стабильна, особенно по параметрам расположения осей отвер-
стий и отклонению формы плоскостей. Часто при соблюдении σ из-
меняются средние значения $\bar{X}_{cp}$ в связи с заменой или износом ли-
тейной оснастки, что приводит к нарушениям настройки технологи-
ческой системы АЛ. Тем самым точность литых заготовок не удов-
летворяет задаче создания статистически управляемых технологи-
ческих процессов механической обработки.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1463423

Абдыжапаров А.С. Исследова-

I.



В проектно-технологических организациях по созданию АЛ и АС и проектированию технологических процессов обработки отсутствует научно-обоснованная методика выбора литых заготовок и назначения требований точности к ним, отражающие взаимосвязь между параметрами точности заготовок и их обработки в автоматизированном производстве и предусматривающие всемерное снижение расхода материалов.

Для решения этих задач на основе комплексного подхода к обоим этапам технологического процесса изготовления деталей, необходимо установить требования к точности основных параметров заготовок и предъявлять их на входе заготовок в автоматическую линию.

Известный принцип выбора заготовки, исходя из наименьшей себестоимости готовой детали, практически не реализуется из-за отсутствия методик и нормативных данных для определения составляющих себестоимости детали, зависящих от заготовки и ее обработки при различных точностях заготовки.

В связи с изложенным, разработка научно-обоснованной методики выбора заготовок для автоматизированного производства на основе исследования технико-экономических взаимосвязей между точностью изготовления заготовок и точностью многопереходной обработки на автоматических линиях, является актуальной задачей.

Цель работы. Разработка методики научно-обоснованного назначения требований к параметрам точности заготовок корпусных деталей при многопереходной обработке в автоматизированном производстве, на основе исследования влияния основных параметров точности заготовок на точность обработки.

Методы исследования. Применялись производственные, экспериментальные и теоретические исследования. Полученные результаты обрабатывались методами математической статистики, что позволило получить данные о точности на этапах изготовления заготовки и ее механической обработки. Теоретические исследования проводились на базе основ технологии машиностроения с использованием расчетно-экспериментальных и аналитических методов определения точности обработки. Экспериментальные исследования выполнялись на рабочих позициях автоматических линий заводов ЗИЛ, КамАЗ, ВАЗ. Результаты исследований обрабатывались на ЭВМ типа ЕС 1033.

Научная новизна. На основе комплексного подхода к анализу взаимосвязей между параметрами точности заготовок в ходе обработки и деталей выявлены основные закономерности влияния

точности отливок на точность автоматизированной обработки, открывающие возможности для повышения точности обработки и эффективности технологических процессов. Выявлены для корпусных деталей параметры точности заготовок, оказывающие основное влияние на точность автоматизированной обработки, которые рекомендуются для приемки заготовок на входе на АЛ.

Разработана методика назначения количественных требований к параметрам точности литых заготовок с учетом эффективности их обработки в автоматизированном производстве.

Выявленные в исследованиях качественные и количественные взаимосвязи между параметрами точности заготовок и их обработки характерны для любого автоматизированного производства.

Предложена научно-обоснованная методика проектного определения себестоимости изготовления заготовки и ее обработки на основе удельных нормативных величин, отнесенных к массе детали и к площади обработки.

Практическая ценность. Настоящая работа является частью исследований, проводимых кафедрой "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана по точности обработки корпусных деталей на АЛ и АС, и посвящена ранее не рассматривавшемуся вопросу. На основе результатов исследований разработана инженерная методика назначения требований точности к литым заготовкам корпусных деталей исходя из заданной точности детали. Разработанная методика и рекомендации позволяют обосновать и правильно выбрать литую заготовку, что приводит к повышению суммарной эффективности обработки на АЛ и АС. Разработаны практические рекомендации по назначению требований точности к основным параметрам литых заготовок. Расчетные зависимости и номограммы позволяют проводить сопоставление различных по точности заготовок и определить их влияние на точность и себестоимость изготовления, разработаны программы для расчета на ЭВМ.

Реализация результатов работы. Результаты работы в виде отдельных методик назначения требований точности к литым заготовкам при обработке на агрегатных станках и автоматических линиях вошли в отчет по НИР А0312-82 МВТУ им. Н.Э.Баумана и переданы в МОС СКБ АЛ и АС. Ожидаемый экономический эффект составил 33 тыс. рублей.

Апробация работы. Основные результаты докладывались на научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1981-1987 г.г., на республиканской

научно-технической конференции "Прогрессивные технологические процессы, механизация и автоматизация трудоемких работ" - г. Ижевск, 1983 г., на республиканском научно-теоретическом семинаре "Автоматизация процессов подготовки производства в машиностроении" - г. Фрунзе, 1983 г., на республиканской научно-технической конференции "Автоматизация производственных процессов в машиностроении" - г. Фрунзе, 1986 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано четыре печатные работы.

Объем работы. Диссертация изложена на 133 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав и общих выводов по работе. Содержит 78 рисунков, 45 таблиц, список литературы из 83 наименований, 5 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, приведена характеристика ее направления и научной новизны.

В первой главе содержится обзор литературных источников, анализ состояния вопроса, обоснование и постановка задач к исследованию.

В условиях массового автоматизированного производства к заготовкам корпусных деталей предъявляются более высокие требования, чем для неавтоматизированного.

Обзор научно-технической литературы показывает, что до сих пор вопросу назначения требований точности к литым заготовкам уделялось мало внимания. В имеющейся литературе не рассматриваются особенности выбора заготовок для условий автоматизированного производства. Практически отсутствуют работы по комплексному исследованию взаимосвязи точности заготовок и деталей, учитывавших эффективность их изготовления.

Вопросы точности заготовок получили большое освещение в работах, выполненных кафедрой "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана. Однако в этих работах основное внимание уделено исследованию и выбору рациональных структур агрегатных операций; выбору схем установки заготовок в стационарных приспособлениях и в спутниках; обоснованию выбора необходимого числа последовательно выполняемых переходов обработки и др. Завершающим этапом целого направления научных исследований является обоснование требований точности к черным заготовкам, обрабатываемым на АЛ.

Исследования, выполненные в условиях действующего производства Минавтопрома, показали, что точность параметров взаимного расположения поверхностей отливок для корпусных деталей низкая, особенно по межосевым размерам и размерам от баз. Стабильность размеров отливок нарушается во времени в связи с эксплуатационными изменениями литейной формообразующей оснастки.

Точность выдерживаемых размеров при обработке деталей в настроенной технологической системе зависит от колебания величин отжати (перемещений), обусловленных колебаниями величин действующих сил, которые зависят от неравномерности снимаемых припусков, колебания твердости материала и погрешностей установки. Это не позволяет создать статистически управляемый техпроцесс по всем этапам изготовления корпусных деталей.

Следствием низкой точностной настройки технологического процесса является выход большинства отливок за пределы поля допуска и фактическое изготовление отливок по более низкому классу точности.

Необеспечение требований точности к отливкам оказывает влияние на технологию их обработки, необходимое количество позиций в АЛ, число технологических переходов и др., что сказывается на точности и себестоимости их изготовления.

Тесная взаимосвязь между характеристиками заготовок и эффективностью их обработки на АЛ требует комплексного анализа процесса получения готовой детали и превращает заготовку в исходное условие для проектирования АЛ и автоматизированных технологических процессов.

На основе проведенного обзора литературы и в соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи исследования:

1. Теоретически и экспериментально исследовать взаимосвязь между параметрами точности заготовок и параметрами точности деталей при обработке на автоматических линиях. Выявить главные факторы взаимосвязи для корпусных деталей.
2. Получить расчетные зависимости, связывающие влияние погрешностей предшествующего перехода (отливки) на величину смещений осей отверстий с учетом точности базовых плоскостей при многопереходной обработке.
3. Получить нормативные величины допускаемых погрешностей заготовок по главным параметрам взаимосвязи для обеспечения проектной точности координат осей отверстий после обработки на АЛ.

4. Разработать инженерную методику, включающую нормативные материалы, рекомендации и программы для ЭВМ для обоснованного назначения требований к литым заготовкам при разработке технологических процессов обработки на АЛ при обеспечении минимальной себестоимости полного изготовления корпусных деталей.

Во второй главе содержатся экспериментальные исследования точности отливок корпусных деталей в производственных условиях.

При изготовлении сложных корпусных деталей обеспечиваются многие параметры точности размеров и расположения поверхностей. С точки зрения влияния этих параметров на условия последующей обработки наибольшее значение имеют точность расположения осей отверстий относительно технологических баз и друг относительно друга в отливках.

Требования расположения осей отверстий обеспечиваются при обработке с наибольшими трудностями. Отверстия обрабатываются нежестким инструментом, часто имеющим большой вылет и при неравномерном его нагружении на одном обороте шпинделя возникает смещение оси отверстия. Причиной служит позиционное отклонение оси отверстия в отливке, при котором обработка протекает с неравномерными припусками в диаметральных плоскостях и по длине образующей.

Стабильность размеров отливок нарушается во времени в связи с износом прессформы, кокиля, его ремонтом. Если одновременно изготавливают отливки в нескольких кокилях-дублерах, то получаемые из них отливки существенно различаются по размерам и их нельзя считать взаимозаменяемыми.

Большое значение для уменьшения погрешностей, возникающих от упругих отжатий имеет твердость материала заготовки в разных партиях, в одной партии и даже в пределах одной заготовки.

Установлены основные параметры точности отливок, по которым необходимо проводить контроль отливок для обеспечения статистически стабильного и управляемого технологического процесса в механообрабатывающих цехах. К таким параметрам относятся погрешность расположения оси отверстия у заготовки Δ поз. (позиционное отклонение), отклонение от плоскостности поверхностей, используемых в качестве технологической базы, и колебание характеристик твердости материала заготовок.

Приведена методика экспериментальных исследований точности отливок по параметрам взаимного расположения отверстий и

плоскостей, отклонений от плоскостности базовых поверхностей и физико-механических свойств материала (твердости).

В процессе исследования был определен объект исследования – 20 различных корпусных деталей изделий Минавтопрома. Детали – представители были классифицированы по классам точности и по группам сложности.

В результате проведенных исследований установлены основные параметры точности отливок, такие как погрешности расположения осей отверстий от баз, отклонения от плоскостности основных поверхностей и твердость материала деталей, которые принимаются входными параметрами качества отливок на АЛ.

Установлено, что у большинства отливок, получаемых в песчаные формы и в кокиль, не выдерживаются номинальные размеры. Значительны погрешности расположения осей отверстий (позиционное отклонение). Отклонения от плоскостности достигают 2–3 мм.

Колебание твердости материала в партии отливок достигает 30–80%, при этом характеристики существенно отличаются от допускаемых ГОСТами для соответствующих марок материалов, как в сторону снижения, так и повышения, и для одних и тех же заготовок значительно изменяются во времени. Весьма велико изменение твердости на разных участках одной отливки (до 70–80%).

Низкая точность выполнения отливок по характеристике механических свойств материала является важным фактором, нарушающим условия протекания процесса механической обработки (степени уточнения обработкой, стойкость инструмента и др.).

Следует отметить, что стабильность характеристик твердости материала заготовок на уровне требований ГОСТов является не только большим резервом повышения точности обработки, но также резервом повышения эксплуатационных качеств деталей при снижении расхода материала.

Третья глава посвящена теоретическому исследованию взаимосвязей между параметрами точности заготовок и деталей.

Обработка заготовок происходит в упругой технологической системе станок – заготовка – инструмент, звенья которой под влиянием действующих сил получают перемещения (отжаты), оказывающие влияние на те или иные параметры точности детали. При обработке в настроенной технологической системе величины упругих отжаты зависят главным образом от колебаний величин действующих сил, определяемых изменением глубины резания при снятии неравномерного припуска и непостоянством твердости материала. Во время

обработки происходит перенос погрешностей заготовки на готовую деталь.

Важным фактором точности обработки корпусных деталей являются погрешности формы плоских поверхностей заготовок, используемых в качестве технологических баз на первых переходах. Объемные упругие деформации заготовок от сил закрепления оказывают влияние на точность обработки всех поверхностей детали, особенно — на отклонения расположения осей отверстий.

Позиционное отклонение от оси отверстия формируется в процессе обработки отверстия под влиянием многих факторов, зависящих от схемы и условий обработки:

$$\Delta_{\text{см}} = F(\Delta y, \Delta \varepsilon, \Delta r). \quad (1)$$

Упругое смещение оси инструмента Δr определяется величиной равнодействующей неуравновешенных сил резания ΔP_R и жесткостными характеристиками инструментальной наладки

$$\Delta y = n_2 \frac{\Delta P_R \cdot l_{x2}}{3EJ}, \quad (2)$$

где n_2 — коэффициент, учитывающий действие продольного изгиба от осевой силы $P_{\text{ос}}$ и неуравновешенной силы $\Delta P_{\text{ос}}$;

ΔP_R — равнодействующая неуравновешенных сил резания;

l_{x2} — длина обработки.

Погрешность установки (базирования) $\Delta \varepsilon$ возникает как смещение заготовки на зазорах посадки в сопряжении базовые отверстия — установочные пальцы (или фиксаторы) приспособления.

При фиксированном расположении осей шпинделей, характерном для агрегатных станков, погрешность базирования характеризуется величиной начального смещения центра подлежащего обработке отверстия относительно оси шпинделя станка. Величина погрешности относится к точке детали с заданными координатами относительно баз и рассчитывается из геометрических связей.

Геометрическое смещение оси Δr возникает за счет наличия зазора между втулкой и инструментом, величина смещения оси инструмента в его концевом сечении определяется параметрами инструментальной наладки и узла направления инструмента.

Механизм влияния погрешностей заготовок на точность обработки выявлен на основе корреляционно-регрессионного анализа. Показателями входного и выходного качества приняты среднеквадратическое отклонение σ , среднеарифметическое значение величины $\bar{X}$ ср. в размах R .

Согласно ГОСТ 15893-77 в основу статистического регули-

рования положено определение устойчивости процессов (статистическая и технологическая). Определены параметры взаимосвязи между заготовительной (отливка) и технологическими переходами: 1) погрешность предшествующего перехода $\Delta_{пр.} = \Delta_{заг.}$; 2) погрешности формы плоскости $\Delta_{нпл.}$

Зная статистические характеристики для заготовок $\Delta_{заг.}$ можно определить, удовлетворяет ли заготовка условиям обеспечения требований точности расположения осей отверстий в детали.

Количественно взаимосвязь между погрешностями Δ_i выполняемого и предшествующего Δ_{i-1} перехода можно выразить через коэффициент уточнения K_u :

$$K_u = \frac{\Delta_i}{\Delta_{i-1}} \quad (3)$$

Получены коэффициенты уточнения для смежных переходов обработки отверстий. Уменьшение погрешностей смещения отверстий по всему технологическому процессу для всех переходов характеризуется отношением к исходной погрешности литой заготовки. Коэффициент уточнения в этом случае определяется как произведение K_u всех предшествующих переходов:

$$K_u = \prod_{i=1}^n K_{u_i} \quad (4)$$

Отклонения формы обработанной поверхности формируются под влиянием погрешности копирования формы обрабатываемой поверхности и под влиянием погрешностей противолежащей базовой плоскости.

Обработанная в деформированном состоянии поверхность заготовки после снятия сил закрепления искажается и общее отклонение от плоскостности формируется при суммарном влиянии двух величин: погрешностей формы обрабатываемой поверхности, полученной на предшествующем переходе $\Delta_{нпл. пр.}$ и погрешности базовой противолежащей плоскости $\Delta_{нпл. б.}$. С учетом этого суммарная погрешность формы определяется:

$$\Delta_{нпл.} = K' \Delta_{нпл. пр.} + K'' \Delta_{нпл. б.} \quad (5)$$

где K' и K'' — коэффициенты, характеризующие степень влияния соответствующих погрешностей.

Получены обобщенные величины коэффициентов уточнения плоскостности при обработке плоскостей. Суммарный коэффициент уточнения составляет $K_u^{\Sigma} = 0,31 - 0,041$, изменение $K_u^{пр} = 0,50 - 0,061$. Меньшие величины коэффициентов уточнения характерны большим величинам отклонений от плоскостности.

Установлено, что доминирующее влияние на точность при обработке плоскостей оказывает погрешность предшествующего пере-

хода (до 60%), меньшее влияние оказывает погрешность базовой плоскости (до 40%). Анализ суммарного влияния погрешности предшествующего перехода и погрешности базовой плоскости показал, что $K_{\Sigma}^{\text{нпл}}$ в суммарном коэффициенте $K_{\Sigma}^{\text{п}}$ составляет $(0,3+0,4)K_{\Sigma}^{\text{п}}$ при использовании в качестве базы литой поверхности и поверхности обработанной начерно.

На чистовых этапах обработки влияние $\Delta_{\text{б}}^{\text{нпл}}$ уменьшается и составляет $(0,2 + 0,3)K_{\Sigma}^{\text{п}}$.

Действующие при изменении глубины резания силы вызывают соответствующие перемещение в технологической системе и приводят к смещению оси обрабатываемого отверстия. Таким образом, погрешность расположения оси отверстия у заготовки переносится на обработанную деталь, то есть копируется, хотя и в уменьшенном виде.

Непосредственной причиной смещения оси отверстия у обработанной детали являются неуравновешенные силы, возникающие при снятии инструментом на противолежащих образующих отверстия неравномерных припусков $\Delta Z = t_1 - t_2$, а смещение оси отверстия $\Delta \text{см} = \frac{\Delta Z}{2}$.

Неравномерность припуска ΔZ образуется в момент фиксации заготовки в рабочей позиции АЛ и представляет собою смещение оси отверстия в отливке относительно оси инструментов, предназначенных для обработки этого отверстия и определяется:

$$\Delta Z = 2\sqrt{\Delta p^2 + \Delta p^2 + \Delta \varepsilon^2} \quad (6)$$

Величина погрешности смещения оси отверстия определяется векторной суммой трех составляющих погрешностей:

$$\Delta \text{см} = \sqrt{\Delta p^2 + \Delta p^2 + \Delta \varepsilon^2} \quad (7)$$

Δ пр погрешность расположения оси отверстия полученной на предшествующем переходе: для первого перехода обработки предшествующим технологически переходом является процесс выполнения заготовки (отливки) Δ пр (I) = Δ заг.

Δp - погрешности станка (параметр преимственности технологически связанных позиций);

$\Delta \varepsilon$ - погрешность установки заготовки в рабочей позиции АЛ.

Обычно погрешность Δp составляет для черновых позиций 0,05 мм, для чистовых - 0,03 мм. Погрешность установки определяется из геометрических связей и составляет десятые доли мм.

Величина погрешности предшествующего перехода Δ пр. на первом технологическом переходе Δ пр. = Δ заг. может для отливок достигать 1-3 мм и имеет превалирующее значение. Направление (вектор) смещения оси может быть известно (например,

под влиянием провисания стержня), а в общем случае направление смещения неизвестно, поэтому учитывается произвольное направление векторов.

Допускаемая погрешность расположения оси отверстия на предшествующем переходе (для I-го перехода погрешности расположения от отверстия у заготовки) определяются исходя из допускаемого смещения оси на выполняемом переходе при снятии неравномерного припуска ΔZ , с учетом влияния геометрического и упругого отжатия инструментальной наладки и приспособления.

Установлено, что погрешности предшествующего перехода при черновой обработке составляет 85–95% от неравномерности снимаемого припуска и, таким образом, имеет доминирующее значение.

Получены количественные зависимости влияния твердости материала заготовок на изменение сил резания в технологической системе.

Значительные колебания твердости материала заготовки приводят к изменению сил резания в 1,5–2 раза. Следует отметить, что значительные отклонения твердости представляют важный фактор дестабилизации условий обработки и их влияние зачастую не учитывается.

Анализ влияния разброса твердости материала на упругие отжатия показывает, что при условно-постоянных значениях подачи S и глубины резания t колебания упругих отжатий в технологической системе происходит при черновой обработке чугунных деталей КЧ $\Delta u = 0,039 \pm 0,06$ мм, для СЧ $\Delta u = 0,1 \pm 0,35$ мм. Получены количественные зависимости, характеризующие изменения упругих отжатий от изменения твердости материала.

Получены зависимости коэффициентов уточнения по переходам обработки от допускаемой величины смещения отверстия детали.

Приведенные зависимости в качестве рекомендаций могут быть использованы при разработке автоматизированных технологических процессов. Для этого в зависимостях даны ориентировочные границы коэффициентов уточнения.

Разработана программа для расчета на ЭВМ допускаемых величин смещений осей отверстий в заготовках Δ пр., которая позволяет с учетом конструктивно-технологических параметров технологической системы обоснованно назначать требования к литым заготовкам корпусных деталей по параметрам расположения осей отверстий.

Получены количественные зависимости, связывающие погреш-

ности смещений осей отверстий в заготовках и деталях. Для повышения точности обработки координированных отверстий и плоскостей рекомендуется повышать точность литых заготовок до 6-7т класса точности (ГОСТ 26645-85).

Получены аналогичные зависимости для обоснованного назначения требований точности к отклонениям от плоскостности поверхностей, используемых в качестве базы. Полученные зависимости позволяют задавать для литейных цехов допускаемые величины неравномерности припусков ΔZ , определить величину допускаемого смещения оси отверстия в заготовке $\Delta_{\text{пр.}} = \Delta_{\text{заг.}}$

Приведенная методика практически позволяет уменьшать влияние погрешностей предшествующего перехода $\Delta_{\text{пр}}$ и отклонений от плоскости $\Delta_{\text{нпл}}$ на величину смещений осей отверстий между собой и относительно баз.

Целесообразно рекомендовать для достижения заданных требований точность смещения осей в деталях, обеспечивать величину смещений осей в заготовках $\Delta_{\text{см}} \leq 0,5 - 0,6$ мм, что соответствует 7т-8 классам точности.

В четвертой главе приведен технико-экономический анализ взаимосвязи между параметрами точности деталей и заготовок.

В качестве критерия оценки вариантов при выборе заготовок принята технологическая себестоимость полного изготовления детали.

Себестоимость детали определяется:

$$C_{\text{дет}} = M + C_{\text{ил}} + C_{\text{мо}}, \quad (8)$$

где M — стоимость материала;

$C_{\text{ил}}$ — стоимость изготовления отливки;

$C_{\text{мо}}$ — стоимость механической обработки.

Технический аспект задачи выбора заготовки заключается в том, что для уменьшения погрешностей заготовки до допускаемых величин необходимо несколько последовательно выполняемых переходов обработки — 2, 3 или 4 перехода, в зависимости от погрешностей заготовки.

В АЛ увеличение числа переходов обычно связано с увеличением числа рабочих позиций; так как в каждой рабочей позиции делается один рабочий ход и используется один настроенный на промежуточный размер инструмент.

Экономический аспект задачи заключается в том, что с повышением требований точности к заготовке повышается ее себестоимость, а при снижении требований точности повышается стоимость

механической обработки, в связи с увеличением числа рабочих позиций в АЛ. При выборе заготовки и назначении требований точности к ней исходит из наименьшей себестоимости готовой детали $C_{дет min}$, с учетом противоположных тенденций влияния требований точности заготовки на ее стоимость и стоимость механической обработки.

Полученный баланс составляющих себестоимости детали позволяет определить рациональные параметры точности отливки с учетом себестоимости полного изготовления корпусных деталей.

Исследования и статистические данные ведущих заводов КАМАЗ, ВАЗ, ЗИЛ позволили определить удельные нормативные величины себестоимости изготовления $C_{дет}^{уд}$ детали, отливки $C_{ил}^{уд}$ и механической обработки $C_{мо}^{уд}$ для заготовок различных классов точности и групп сложности. Установлено влияние литейной оснастки на себестоимость изготовления литья, показано влияние оборудования и оснастки механической обработки на себестоимость механической обработки.

Себестоимость механической обработки необходимо определять с использованием установленных в работе нормативных величин: удельная стоимость механической обработки $I \text{ см}^2$ площади обработанной поверхности (раздельно для основных отверстий и плоскостей) при I, 2-х, 3-х переходной обработке, удельная себестоимость механической обработки $I \text{ кг}$ массы детали (применительно к однотипным деталям).

Установлено, что с повышением точности отливок уменьшается число переходов, необходимых для достижения заданной точности. Для автоматической линии уменьшение числа переходов равнозначно уменьшению числа рабочих позиций (станков) в АЛ.

Увеличение удельной себестоимости обработки для более грубых отливок (9-10 класс точности) связано с увеличением числа переходов и условий их выполнения.

При анализе себестоимости механической обработки получена зависимость между стоимостью обработки и точностью заготовок при разном числе переходов. Эта зависимость носит ступенчатый (эскалация) характер.

Доказано, что повышение точности отливок позволяет повысить эффективность их полного изготовления за счет снижения массы отливки дополнительно к снижению себестоимости, за счет трудоемкости механической обработки.

Удельная стоимость механической обработки зависит от методов обработки, вида поверхностей, от заданных требований точности к заготовке и детали. Для корпусных деталей основными поверхностями являются: плоскости, обрабатываемые в 2 (реже в 3) перехода торцовыми фрезерами; основные отверстия, обрабатываемые на агрегатных станках в 2-4 перехода, в зависимости от требований точности и крепежные отверстия, обрабатываемые в 2 перехода. Количество обрабатываемых поверхностей оказывает влияние на сложность и стоимость применяемых АС с различным числом шпинделей.

Для определения минимальной себестоимости готовой детали разработаны номограммы, которые позволяют с учетом точности отливки и ее группы сложности определить стоимость заготовки и себестоимость механической обработки.

Разработаны корреляционно-регрессионные модели влияния точности литых заготовок на себестоимость изготовления детали $C_{дет}$. Разработанная регрессионная модель устанавливает степень раздельного и совместного влияния позиционного отклонения, твердости, массы детали на себестоимость механической обработки.

Установлено, что технически целесообразно и экономически выгодно повышать требования точности к литым заготовкам до 7-го класса ГОСТ 26645-85. Чрезмерное повышение точности отливок приводит к резкому повышению статей себестоимости изготовления литых.

В пятой главе приведена методика назначения требований точности к литым заготовкам массового производства, даны математические модели взаимосвязей между параметрами точности заготовок и себестоимость их изготовления; дана методика расчета на ЭВМ предельной величины погрешности предшествующего перехода исходя из допустимой величины позиционного отклонения оси отверстия в детали.

Дана зависимость допускаемых величин погрешности предшествующего перехода от требуемой величины погрешности смещения оси отверстия в детали.

Установлена зависимость себестоимости изготовления детали точности изготовления по позиционному отклонению $\delta = \Delta \text{ поз.}$ и описывается параболическим уравнением:

$$C_{\text{зет}} = a_0 + a_1 \delta + a_2 \delta^2, \quad (9)$$

где a_0, a_1, a_2 — коэффициенты;

δ — позиционный допуск в заготовке.

Приведен расчет ожидаемой экономической эффективности, получаемой за счет повышения точности отливок.

Приведены технологические рекомендации по выбору литых заготовок.

Критерием оценки экономической эффективности является сопоставление удельной себестоимости изготовления детали базового и нового, имеющего меньшее число рабочих позиций линии, вариантов технологического процесса.

В приложениях приведены структура себестоимости изготовления корпусных деталей и тексты разработанных программ для ЭВМ, дана справка об использовании результатов работы.

Общие выводы и рекомендации

1. В автоматизированном производстве процесс выполнения заготовок для деталей машин и процесс последующей обработки следует считать двумя этапами единого комплексного технологического процесса изготовления детали и, учитывая явление переноса погрешностей в процессе обработки, необходимо регламентировать требования точности к заготовкам и осуществлять их приемку при поступлении в обработку.

2. В результате проведенных исследований установлено, что основными параметрами взаимосвязи при обработке корпусных деталей являются: позиционные отклонения осей отверстий, погрешности формы обрабатываемых и базовых плоскостей, и колебание характеристик твердости материала. Характерны следующие значения коэффициентов уточнения: для позиционного отклонения осей отверстий $K_u = 0,32 \pm 0,13$; для отклонения от плоскостности обрабатываемых плоскостей $K_u = 0,33 \pm 0,075$, а с учетом влияния погрешности базовой плоскости $K_u = 0,135 \pm 0,04$.

3. Теоретический анализ, экспериментальные исследования и расчет на ЭВМ позволили установить баланс погрешностей, влияющих на смещение оси обрабатываемых отверстий на I-м технологическом переходе.

Для величин смещения оси Δ см = $0,18 \pm 0,24$ мм доля влияния смещения оси в отливке составляет 75-80%, колебания твердости материала 10-15%, суммарное влияние геометрических погрешностей станка и погрешности установки — 5-10%.

4. Исследованиями установлен баланс составляющих технологической себестоимости детали для различных групп сложности и классов точности отливок, позволяющий на стадии проектирования оценивать варианты по соотношению долей себестоимости.

5. При существующем уровне точности отливок и традиционной многопереходной обработке целесообразно обеспечивать следующие классы точности по ГОСТ 26645-85 для отливок:

- по параметру смещения осей отверстий в отливках 7т-8 класс;
- по параметру плоскостности 8-9 класс.

6. Рекомендуется для технологического проектирования удельные нормативные величины себестоимости 1 кг массы отливок различных групп сложности и точности, а также удельные величины себестоимости обработки 1 см² площади и 1 кг массы детали для многопереходной обработки в автоматизированном производстве.

7. На основании проведенных исследований разработаны и внедрены практические рекомендации по обеспечению требуемой точности расположения осей отверстий и плоскостей. Годовой экономический эффект от внедрения результатов работы в МОС СКБ АЛ и АС составил 33 тыс.руб.

Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в следующих работах:

1. Абдыжапаров А.С. Определение срока службы кокиля при отливке корпусных деталей из алюминиевого сплава // Изв. ВУЗов. Машиностроение. - 1984, - № 3, - С.120-123.
2. Абдыжапаров А.С. Повышение эффективности обработки корпусных деталей на агрегатных станках и автоматических линиях за счет повышения точности заготовок // Тезисы доклада Всесоюзной конференции. - Ижевск. - 1983. - С.51-52.
3. Косилова А.Г., Абдыжапаров А.С. Исследование взаимосвязей между параметрами точности деталей при обработке на АЛ // Сб.трудов. - М.:ВТУЗ-ЗИЛ. - 1986. - С.20-22.
4. Абдыжапаров А.С. Качество базовых поверхностей корпусных деталей, обрабатываемых на автоматических линиях // Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Тезисы доклада Республиканской научно-технической конференции. - Фрунзе. - 1986. - Часть 2. - С.24.

Абдыжапаров

