

Ш 133637

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана

В. Н. ПОТЕХИН

ПОСТРОЕНИЕ
ОПТИМАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ РАСТАЧИВАНИЯ
ОТВЕРСТИЙ В КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЯХ

(05.164 — Технология машиностроения)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



1133637

Потехин В. Н. Построение с

Работа выполнена на кафедре «Технология механосборочного производства» МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель

кандидат технических наук, доцент Н. М. Капустин.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор А. В. Подзей,

кандидат технических наук, доцент Л. А. Рождественский.

Ведущее предприятие — Краснофлотский машиностроительный завод.

Автореферат разослан «...» 1971 г.

Защита с 1971 г.
на заседании и механи-
зация произ о адресу:
Москва, Б-4

Ваши о рах, заве-
ренные печ у адресу.

С диссе ке МВТУ
им. Н. Э. Баумана

М133637

Ученый Ю. А.
канд. т

Значительное увеличение объёма металлообработки в ближайшие годы потребует повышения её эффективности — обеспечения наибольшей производительности имеющихся производственных мощностей при выпуске продукции высокого качества.

В современном машиностроении трудоёмкость механической обработки корпусных деталей достигает 23% от общей трудоёмкости основных видов технологических процессов. Из неё более половины приходится на долю обработки основных отверстий на горизонтально-расточных станках.

Это в значительной степени обусловлено сложностью выполнения операций растачивания отверстий с применением универсальных режущих и измерительных инструментов и приспособлений.

Одним из методов повышения производительности обработки основных отверстий корпусных деталей является оптимизация операции растачивания путем математического моделирования на электронно-вычислительных машинах. Обеспечение высокого качества изделий на базе научных основ технологии машиностроения, математического моделирования с применением вычислительной техники с целью повышения производительности обработки является важнейшей народнохозяйственной задачей.

Поэтому целью настоящей работы является построение оптимальных операций растачивания основных отверстий чугуновых корпусных деталей на горизонтально-расточных станках без направления инструмента в условиях мелкосерийного и серийного производств с использованием электронно-вычислительных машин (ЭВМ).

Работа состоит из пяти глав.

Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСТРОЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ РАСТАЧИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ, ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В задачу оптимального построения операций растачивания отверстий входит выбор способа растачивания (консольной оправкой или борштангой), количества установов и позиций, установки детали относительно шпиндельного узла, определение числа переходов, необходимых для обеспечения заданных свойств каждого отверстия, расчёт режимов резания, промежуточных допусков и припусков и технически обоснованной нормы времени. На выбор этих параметров оказывает влияние большое число факторов, к которым относятся данные об обрабатываемой детали, заготовке, инстру-

менте и станке. Зависимости между указанными факторами, параметрами и технико-экономическими показателями носят сложный и неявный характер. Большинство параметров являются взаимосвязанными и поэтому не могут быть определены независимо друг от друга. При этом черновая и чистовая обработки существенно различаются между собой по составу и степени дифференциации основных факторов.

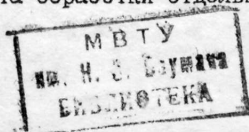
Поэтому задача определения оптимального варианта операции растачивания отверстий является многовариантной со сложным характером связей между факторами, параметрами и технико-экономическими показателями. Большинство методик построения операций растачивания отверстий основано на технико-экономическом анализе ограниченного числа параметров. Такие методики не полностью учитывают технологическую структуру операции и многовариантность решения задачи и поэтому не могут служить основой поиска наилучшего варианта.

Наиболее полно физическую сущность процесса механической обработки описывает расчётно-аналитический метод определения точности обработки, теоретические основы которого разработаны А.П.Соколовским, В.М.Кованом, В.С.Корсаковым и др. исследователями. Однако поверочный характер этого метода в существующем виде не позволяет определять параметры проектируемой операции по заданной точности.

Анализ научно-исследовательской и производственной литературы показал, что в настоящее время нет методики определения оптимального варианта операции растачивания с учётом факторов, отражающих физическую сущность процесса многопереходной обработки. В то же время развитие научных основ технологии машиностроения, современных быстродействующих средств вычислительной техники и математических методов нахождения оптимальных решений создали предпосылки для разработки такой методики.

Поэтому в настоящем исследовании поставлены задачи:

1. анализ точности обработки основных отверстий;
2. разработка технологических правил и закономерностей для формирования оптимальных припусков на переход;
3. разработка технологических правил для формирования оптимального маршрута обработки отдельного отверстия;



4. разработка оптимального построения операции растачивания основных отверстий.

В качестве метода исследования принято математическое моделирование. Объектом исследования выбраны основные отверстия корпусных чугунных деталей, обрабатываемые на горизонтально-расточных станках методом индивидуального получения размеров без направления инструмента.

Глава II. РАСЧЁТ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ОТВЕРСТИЙ НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ БЕЗ НАПРАВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА.

Проектируемая операция должна обеспечить заданную точность и шероховатость растачиваемых отверстий. Точность обработки отверстий характеризуется точностью выполняемых размеров отверстий и точностью расположения их осей. Суммарная погрешность обработки является следствием влияния ряда технологических факторов, вызывающих первичные (составляющие) погрешности, каждая из которых в зависимости от принятой схемы растачивания оказывает определенное влияние на точность обработки.

Анализом установлено, что основными составляющими суммарной погрешности выполняемого размера являются погрешности, обусловленные геометрическими неточностями станка, упругими деформациями технологической системы, износом и температурными деформациями режущего инструмента и пробными промерами. Имеющиеся для расчёта некоторых составляющих суммарной погрешности количественные зависимости не учитывают конкретных условий растачивания отверстий. Для выявления этих взаимосвязей был осуществлен ряд экспериментов в соответствующих условиях.

Для определения ряда погрешностей, зависящих от нагрузки, был решен вопрос расчёта податливости технологической системы станок-приспособление-заготовка-инструмент, которая в целом определяется суммированием податливостей шпиндельной группы, опоры в задней стойке (при растачивании борштангой) и консольной оправки или борштанги. Для определения величины податливости шпиндельной группы рекомендуются зависимости, полученные в результате математической обработки норм податливости горизонтально-расточных станков.

Погрешности формы отверстия от геометрических неточностей станка и от упругих деформаций системы некоторыми исследователями определялись без учёта влияния на них ряда факторов. На основании анализа факторов, обуславливающих возникновение этих погрешностей, предложены количественные зависимости для определения величин указанных погрешностей.

Для проверки соответствия этих зависимостей фактическим результатам были проведены эксперименты. Консольными оправками растачивались отверстия в корпусных деталях из серого чугуна марки СЧ 21-40. Материал режущей части инструмента — твёрдый сплав ВК6 и ВК8. Геометрические параметры режущей части инструмента: главный угол в плане $\varphi = 75^\circ - 90^\circ$; вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 5^\circ$; радиус закругления резца при вершине $\rho = 0,5$ мм. Анализ результатов эксперимента показал хорошую сходимость расчётных и экспериментальных данных.

Размерный износ и температурные деформации режущего инструмента оказывают непосредственное влияние на точность обработки отверстий.

Установлено, что размерный износ исследовался, как правило, для точения наружных цилиндрических поверхностей резцами с главным углом в плане $\varphi = 45^\circ$. В настоящее время при растачивании отверстий широкое распространение получили резцы с главными углами в плане 75° и 90° . В связи с этим был поставлен ряд экспериментов в тех же условиях, что и исследование погрешностей от упругих деформаций технологической системы. Одновременно с исследованием размерного износа проводилось измерение температурных деформаций режущего инструмента.

Математическая обработка результатов экспериментов дала возможность получить зависимости для расчёта погрешностей от размерного износа и тепловых удлинений инструмента.

К погрешности расположения осей отверстий относятся погрешности расстояния от оси до базовых поверхностей, соосности, параллельности, перпендикулярности и межосевого расстояния. Каждая из этих погрешностей складывается из ряда составляющих погрешностей. Ряд мероприятий, предусматриваемых при построении операций, позволяет уменьшить некоторые составляющие до незначительной величины или устранить их совсем. Поэтому основными составляющими погрешностей расположения осей являются

погрешности от геометрических неточностей станка, упругих деформаций, выверки и измерений.

На основании анализа условий растачивания отверстий на горизонтально-расточных станках была предложена формула для расчёта величины смещения оси отверстия от упругих деформаций системы. Для проверки соответствия формулы фактическим результатам были поставлены эксперименты при тех же условиях, при которых исследовались погрешности формы отверстия. Результаты экспериментов подтвердили правильность предложенной зависимости. Расхождение экспериментальных данных с расчётными не превышает 11%.

В технической литературе отсутствует количественная зависимость, устанавливающая связь между высотой неровностей и режимами резания при растачивании чугуна резцами с вышеуказанными геометрическими параметрами режущей части. Эксперименты по выявлению этой зависимости производились в тех же условиях, что и исследование погрешностей формы от упругих деформаций.

На основании математической обработки результатов экспериментов была получена количественная зависимость между высотой неровностей и режимами резания.

Наличие указанных взаимосвязей даёт возможность определить погрешность обработки (расчётный допуск) и расчётную высоту неровностей на каждом технологическом переходе от черногового до чистового.

Глава III. ОСНОВЫ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАЦИИ РАСТАЧИВАНИЯ ОСНОВНЫХ ОТВЕРСТИЙ.

Поскольку наличие количественных зависимостей позволяет рассчитать точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей на каждом переходе, то с применением соответствующих математических методов и электронно-вычислительных машин создаются предпосылки для решения и обратной задачи - по заданной точности и шероховатости определить параметры переходов, а затем и операции в целом.

На параметры механической обработки оказывают влияние заданные свойства деталей, технические данные оборудования, характеристики режущего инструмента, принятая схема растачивания и т.д. Наибольшая производительность обработки достига-

ется при полном использовании возможностей станка и инструмента. Поэтому на параметры должны быть наложены ограничения по заданной точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, по стойкости режущего инструмента, по мощности привода, по усилиям, допускаемым механизмом подачи станка, пластинкой твёрдого сплава и державкой режущего инструмента, по жёсткости консольной оправки или борштанги и по паспортным данным оборудования. Эти ограничения выражаются через технологические параметры переходов и соответствующие величины, характеризующие условия обработки, при использовании аналитических выражений усилий и скорости резания, а также прочностных и жёсткостных зависимостей сопротивления материалов. Полученная система ограничений описывает область изменения определяемых параметров.

Обеспечение заданной точности обработки и шероховатости осуществляется изменением режимов резания. Наиболее целесообразным является изменение глубины резания t , так как её величину можно установить с любой заданной точностью, а подача

S и скорость резания V (число оборотов шпинделя) у горизонтально-расточных станков изменяется дискретно. Глубина резания, прежде всего, определяется величиной максимального припуска на соответствующий переход.

Поэтому одним из узловых вопросов проектирования операционной технологии является расчёт оптимальных припусков и промежуточных размеров на заготовку. Расчётно-аналитический метод определения припусков и промежуточных размеров на заготовку, разработанный В.М.Кованом отражает физическую сущность формирования припусков при многопереходной обработке. Однако этот метод не обеспечивает определения оптимальных припусков, так как он предусматривает использование таблиц "средней" экономической достигаемой точности и шероховатости поверхностей. При этом не представляется возможным учесть такие условия выполнения перехода как режимы резания, жёсткостные параметры технологической системы, геометрические параметры режущей части инструмента и т.д. Наличие количественных взаимосвязей, с помощью которых с учётом условий обработки на каждом переходе можно определить любой технологический параметр, в том числе и все составляющие минимального и максимального припусков, создаёт предпосылки для расчёта оптимальных припусков на обработку.

При растачивании отверстий методом пробных проходов минимальный промежуточный припуск на обработку $Z_{i \min}$ равен разнице между наибольшим предельным размером заготовки и наименьшим предельным размером отверстия на выполняемом переходе. Величина его (припуска) определяется суммированием толщины дефектного поверхностного слоя (только на первом переходе), погрешности выверки заготовки на выполняемом переходе и расчётных величин высоты неровностей и пространственных отклонений, которые определяются для каждого предшествующего перехода с учётом конкретных условий его выполнения по предложенным формулам.

Максимальный припуск на переход определяется из выражения

$$Z'_{i \max} = Z_{i \min} + \Delta_{i-1} + \Delta'_i, \quad (1)$$

где Δ_{i-1} - суммарная погрешность предшествующей обработки;
 Δ'_i - заданный допуск на переход.

Однако величина $Z'_{i \max}$ не отражает особенностей выполнения данного перехода (расчётная величина суммарной погрешности обработки на данном переходе Δ'_i может быть больше, меньше или равна заданной). После расчёта режимов резания и составляющих суммарной погрешности обработки на выполняемом переходе определяется расчётный максимальный припуск:

$$Z_{i \max} = Z_{i \min} + \Delta_{i-1} + \Delta_i. \quad (2)$$

Расчётноаналитический метод определения припусков предусматривает установление числа и характера переходов по таблицам "средней" экономической достигаемой точности обработки. Это может давать ошибки не только в количестве, но и в характере переходов. Оптимальные припуски можно рассчитать только на базе оптимального маршрута растачивания отверстия, который является основой построения оптимальной операции. Действительно, вариант наиболее эффективного растачивания всех отверстий корпусной детали в целом складывается из оптимальных вариантов обработки отверстий, расположенных на каждой из сопряженных осей. Оптимальный вариант растачивания группы соосных отверстий складывается из возможных оптимальных вариантов обработки каждого отдельного отверстия.

Наиболее сложным является назначение маршрута растачивания отдельного отверстия. Синтез оптимальной операции на базе маршрутов не представляет сложности.

Исходными параметрами при назначении маршрута являются допуск на заготовку, допуск на выполняемый размер и заданная высота неровностей.

При многопереходной обработке каждый предыдущий переход оказывает существенное влияние на последующий, главным образом через точность обработки. Поэтому вариант выполнения последующего перехода может рассматриваться только после того, как выбраны все параметры предшествующего. Различные варианты — это отличные друг от друга по количеству и основным характеристикам наборы переходов, выполненных в строго определенной последовательности. Каждый вариант характеризуется определённой точностью обработки и затратами.

Глубина резания на первом переходе может принимать значение от максимального до минимального в зависимости от заданных допусков, в результате чего образуется множество вариантов первого перехода, неравноценных как по точности так и по величине затрат. Так же определяется число возможных вариантов второго перехода. Таким образом, каждый из вариантов первого перехода в сочетании с возможными вариантами второго перехода представляет собой множество вариантов двухпереходной обработки.

Аналогично формируются возможные варианты трёх-четырёх-переходной обработки и т.д. Переходы задаются фиксированными рядами промежуточных допусков: каждый переход символизируется отдельным рядом.

При формировании маршрутов растачивания отверстий рассматривается множество вариантов с учётом теоретически возможных способов растачивания, схем установки детали относительно шпиндельного узла, способа осуществления подачи и т.д.

Выбор наилучшего варианта маршрута растачивания отверстия осуществляется по наименьшим затратам (технологической себестоимости), которые определяются из выражения

$$C_{от} = \sum_{i=1}^P [(t_{oi} + t_{yi} + t_{ui} + t_{mi} + t_{ni}) \cdot (C_3 + C_A) + (t_{oi} + t_{yi} + t_{ui}) \cdot (C_p + C_{эл.х}) + t_o \cdot (C_{эл.р} + C_u)], \quad (3)$$

где t_0 - основное (технологическое) время;

t_v, t_u, t_m, t_n - вспомогательное время на приёмы управления станком, установку режущего инструмента и техническое обслуживание и перерывы в работе;

C_3 - минутная ставка станочника;

$C_A, C_P, C_{эл.х}, C_{эл.р}, C_u$ - расходы на амортизацию и текущий ремонт оборудования, на электроэнергию холостого и рабочего ходов и на инструмент, отнесённые к 1 мин. штучного времени.

Ряд затрат на отдельные элементы и приёмы работы был изучен непосредственным наблюдением в производственных условиях.

Теоретически возможные варианты многопереходной обработки рассматриваются как граф-дерево, вершины которого соответствуют точности (от допуска на заготовку до допуска на выполнимый размер), а рёбра, соединяющие две вершины, - параметрам переходов. Граф-дерево позволяет рассматривать варианты из любого количества переходов.

Задача нахождения оптимального варианта маршрута растачивания отверстия формулируется следующим образом: среди множества цепей дерева отыскать цепь, удовлетворяющую системе технологических ограничений и дающую минимальное значение оценочной функции (3).

На базе оптимальных маршрутов растачивания отдельных отверстий формируются варианты обработки группы соосных отверстий и на основе последних - вариант растачивания всех отверстий детали в целом. Выбор оптимального варианта операции растачивания осуществляется по наименьшей технологической себестоимости обработки всех отверстий, определяемой из выражения

$$C_{оп} = \sum_{j=1}^K C_{осj} + C'', \quad (4)$$

где $C_{ос} = \sum_{i=1}^N C_{отi} + C'$ - затраты на обработку группы соосных отверстий;

C' - расходы на выполнение приёмов на совмещение осей шпинделя и отверстия и установку инструмента;

С" - расходы на подготовительно-заключительные работы, приходящиеся на одну деталь.

Искомыми величинами являются способ растачивания, схема установки детали, способ осуществления подачи, число переходов, необходимое для обработки каждого отверстия, технологические параметры каждого перехода, элементы вспомогательного времени, связанного с выполнением операции и т.д.

Глава IV. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОСЧЁТОВ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ.

В соответствии с основными положениями разработанной методики для ЭЦВМ "Минск-22" была разработана программа на алгоритмическом языке АКИ. Она состоит из трёх частей: блок формирования множества возможных вариантов построения операции, блок определения технологических параметров и блок формирования вариантов обработки и выбор наилучшего из них по минимальному значению (4). Задачей технолога является подготовка исходной информации и контроль результатов расчётов.

Просчёты по разработанной программе и анализ полученных решений показал, что разработанная методика позволяет выбрать наиболее производительный и технологичный вариант операции.

Расчёт режимов резания в комплексе с решением других вопросов технологического проектирования по разработанной методике позволяет уменьшить основное время по сравнению с расчётом по нормативам на 20-55% в зависимости от характера перехода. Уменьшение вспомогательного времени, связанного с выполнением перехода, по сравнению с нормативным, составляет 7-25%.

Поскольку уменьшение штучного времени в первую очередь происходит за счёт основного, то увеличение количества обрабатываемых отверстий у корпусной детали будет увеличивать долю основного времени в штучном, а следовательно, и повышать эффективность технологического проектирования по разработанной методике. При обработке корпусных деталей с двумя отверстиями штучное время уменьшается в среднем на 9,5-14%, с четырьмя - на 12 - 17,5% и т.д.

При растачивании отверстий с расчётными режимами резания имеет место более полное использование режущих свойств инструмента и мощности привода станка.

Разработанная методика позволяет на основе анализа результатов расчётов исследовать влияние различных факторов на технологические параметры и технико-экономические показатели проектируемой операции.

По расчётным параметрам растачивались отверстия диаметром 45 - 130 мм в корпусных деталях средней сложности на горизонтально-расточном станке модели 2622 инструментом, оснащенным твёрдым сплавом ВК6 и ВК8. Допуски на выполняемые размеры $\Delta = 25 - 70$ мкм, шероховатость обрабатываемых поверхностей $\nabla 5 - \nabla 7$. Заготовки - отливки из серого чугуна марки СЧ 28-48, выполненные по III классу точности. Твёрдость обрабатываемого материала $H_B = 190$.

Были определены расчётные величины точности обработки, шероховатости поверхности, промежуточных припусков и смещения осей растачиваемых отверстий на каждом технологическом переходе от чернового до чистового. Проанализированы различные схемы растачивания в зависимости от размеров обрабатываемых отверстий. Исследовано влияние заданной точности выполняемых размеров и точности межосевого расстояния и расстояния от оси до базовой поверхности на выбор количества переходов, необходимых для обеспечения заданных качеств отверстия. Исследовано влияние размеров оправок на выбор способа растачивания системы соосных отверстий.

Проведенные поверочные эксперименты подтвердили соответствие расчётных данных фактическим результатам обработки.

На основе анализа результатов расчётов и проверки их в производственных условиях были разработаны типовые технологические решения по выбору числа переходов, способа растачивания и количества установов и позиций.

Глава V. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ.

Экономическая эффективность разработанной методики определялась путём сравнения её с базовым вариантом, при котором технологическое проектирование осуществляется по нормативным материалам.

Применение ЭВМ обуславливает дополнительные расходы, связанные с подготовкой технологом исходной информации, перфори-

рованием и контролем исходных данных перфораторщиком, работой самой машины и контролем результатов решения технологом.

При этом принималось, что внедрение в производство разработанной методики осуществляется в условиях действующего вычислительного центра и разработанной программы.

Математическое моделирование операции растачивания повышает эффективность технологического проектирования и снижает трудоёмкость механической обработки отверстий корпусных деталей на 10–20% за счёт оптимизации исследуемого процесса.

Использование результатов исследований при обработке основных отверстий корпусных деталей на Краснофлотском машиностроительном заводе (г.Архангельск) обеспечило снижение трудоёмкости механической обработки на горизонтально-расточных станках на 12% без дополнительных капитальных затрат.

Проведённые расчёты показали эффективность применения разработанной методики в условиях серийного, мелкосерийного и, в отдельных случаях, индивидуального производства.

Рациональной областью применения разработанной методики является оперативное решение ряда технологических задач в условиях действующего производства и разработка типовых технологических решений.

О С Н О В Н Ы Е В Ы В О Д Ы

1. Построение оптимальных станочных операций методом математического моделирования является эффективным средством повышения производительности механической обработки с обеспечением заданных качеств изделия.

2. В результате проведенных исследований разработана математическая модель построения оптимальной операции растачивания основных отверстий корпусных деталей на горизонтально-расточных станках без направления режущего инструмента. Критерием выбора оптимального варианта операции является технологическая себестоимость.

3. Для условий обработки основных отверстий на горизонтально-расточных станках теоретически и экспериментально определены расчётные зависимости между погрешностями обработки и факторами, влияющими на них.

4. Проведение поверочные эксперименты подтвердили соответствие расчётных данных фактическим результатам обработки.

5. Проектирование операционной технологии путем математического моделирования позволило определить оптимальный вариант операции растачивания основных отверстий с минимальными затратами времени и средств. Определено оптимальное количество переходов для обработки каждого отверстия с необходимыми технологическими допусками и припусками на обработку, режимами резания и технически обоснованной нормой времени.

6. На основании проведенных исследований разработаны типовые технологические решения по выбору: количества переходов, необходимых для обеспечения заданных качеств отверстий; числа установов и позиций; способа растачивания.

7. Оптимизация проектируемой операции без дополнительных капитальных затрат обеспечивает снижение трудоёмкости обработки основных отверстий корпусных деталей на 10-20%.

8. Применение электронно-вычислительных машин для оптимизации операций растачивания экономически целесообразно в условиях серийного, мелкосерийного, а в ряде случаев и единичного производства.

9. Областью применения разработанной методики построения оптимальных операций растачивания основных отверстий является решение технологических задач в условиях действующего производства и разработка нормативных и руководящих типовых материалов.

10. Результаты исследований использованы при обработке основных отверстий корпусных деталей на Краснофлотском машиностроительном заводе в гор.Архангельске.

11. Разработанная методика может быть применена при построении оптимальных операций растачивания отверстий корпусных деталей в тяжёлом машиностроении и при обработке на горизонтально-расточных станках с программным управлением.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. ПОТЕХИН В.Н. Оптимизация проектирования расточной операции

при обработке основных отверстий корпусных деталей без направления инструмента. Расширенные тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции ТПИ. Таллин.1970.

2. ПОТЕХИН В.Н. К вопросу оптимального построения расточных операций в условиях малкосерийного производства. "Известия ВУЗов. Машиностроение". № 1, 1971.
3. ПОТЕХИН В.Н. Назначение оптимального маршрута обработки отдельной поверхности при растачивании отверстий в корпусных деталях. "Известия Вузов. Машиностроение". № 3, 1971.
4. ПОТЕХИН В.Н. Некоторые вопросы точности обработки отверстий корпусных деталей на горизонтально-расточных станках. Сборник трудов лесомеханического факультета АЛТИ. Выпуск 1. Архангельск, 1971.

Материалы диссертации докладывались:

1. на конференции НТО Машпром "Технологические возможности станков с программным управлением и рациональная область их применения". Москва, МВТУ им.Н.Э.Баумана, июнь 1970.
2. на Республиканской научно-технической конференции "Оптимизация производственных процессов машиностроительных заводов республики", ТПИ, Таллин, октябрь 1970.
3. на конференции НТО Машпром "Основные направления увеличения производительности труда в серийном машиностроении". Москва, МВТУ им.Н.Э.Баумана, ноябрь 1970.