

М255550

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

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

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

ДУДАРЕВ Виктор Иванович

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ
СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ И ВЛИЯНИЕ ИХ
НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

(05.02.08 — Технология машиностроения)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в МВТУ им. Н. Э. Баумана и в Хабаровском политехническом институте.

Научный руководитель —
кандидат технических наук, доцент Н. М. Капустин.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Э. В. Рыжов,
кандидат технических наук, доцент Б. В. Миненков.

Ведущее предприятие — автозавод им. Лихачева.

Автореферат разослан « » 197 г.

Защита диссертации « » 197 г.

на заседании
комиссии по
оценке произво-
дственного Крас-
ного Крест
им. Н. Э. Ба-
умана, дом 5

и механизма-
ции Тру-
дучилища
Бауманская

Ваши отзы-
мы просим высылать

по адресу, про-

Ученый со-
вет кандидат

M 255550

тепанов

Необходимость непрерывного повышения производительности труда на базе современных средств производства, отмеченная в решениях XXIV съезда КПСС, ставит перед отечественным машиностроением ответственные задачи. К их числу относятся повышение качества и снижение себестоимости изготовления машин. Большая роль в решении этих задач отводится станочным приспособлениям, назначение которых — обеспечение заданной точности обработки и, главным образом, точности взаимного расположения взаимосвязанных обрабатываемых поверхностей.

Современные механосборочные цехи располагают большим количеством станочных приспособлений. С ростом объема выпускаемой продукции увеличиваются затраты на оснастку, а также на изготовление приспособлений-дублеров. Расходы, связанные с их изготовлением, можно значительно снизить, если прогнозировать время ремонта приспособлений. Для этого необходимо, чтобы методика расчета приспособлений на точность учитывала факторы, отражающие условия их эксплуатации. Существующие методики расчета приспособлений на точность, разработанные советскими учеными, учитывают изменения погрешности установки только за счет износа установочных элементов. Однако практика показывает, что недостаточно связывать срок службы приспособлений только с их износом. Наличие остаточных деформаций в корпусах под установочными элементами, их неравномерное распределение и накопление также влияет на точность обработки и срок службы приспособлений.

В практике конструирования приспособлений практически отсутствуют зависимости для определения упругих перемещений в корпусах под действием сил резания и зажима. Это приводит к излишней металлоемкости приспособлений, а иногда к заниженной жесткости, что не позволяет применять высокопроизводительные режимы резания. Решение указанных актуальных задач отвечает требованиям современного машиностроения. Поэтому целью настоящей работы явилось исследование деформаций элементов станочных приспособлений, направленное на повышение срока их эксплуатации и точности обработки изделий.

В работе применялись экспериментальные и аналитические методы исследований. При определении многофакторных связей применялся классический план эксперимента. При этом использовались современные измерительные и технические средства, включающие



тензометрическую аппаратуру, оптический длиномер ИЗВ-2, профилограф-профилометр завода "Калибр", прибор ММТ-3, металлографический микроскоп МИМ-8М и другие. Математическая обработка результатов исследования проводилась способом наименьших квадратов с применением ЭВМ.

Научной новизной работы явилось выявление технологических закономерностей, позволяющих установить количественные зависимости для определения погрешности обработки, возникающей в процессе эксплуатации приспособлений.

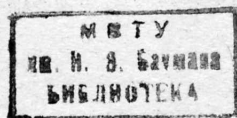
Практическая ценность диссертации заключалась в разработке рекомендаций и методики расчета приспособлений на точность, направленных на повышение точности обработки и срока службы приспособлений. В работе рассматриваются наиболее распространенные фрезерные и сверлильные приспособления при обработке изделий в условиях серийного и массового производства.

Результаты проведенных исследований докладывались на кафедре "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана; в лаборатории машинного конструирования приспособлений Института Технической кибернетики АН БССР, на I-ой Всесоюзной конференции "Разработка, изготовление и внедрение универсально-сборной переналаживаемой оснастки на машиностроительных предприятиях" в г.Суммы; используются при конструировании специальных приспособлений на Московском автомобильном заводе им. Дихачева и Хабаровском станкостроительном заводе.

Диссертация выполнена в объеме 212 страниц, в том числе содержит 144 страницы печатного текста, 93 рисунка, 27 справочных таблиц и 75 наименований литературных источников.

В п е р в о й главе сделан обзор работ по исследованию точности станочных приспособлений. Показано, что подавляющее большинство руководящих материалов, инструкций, методик подходит к расчету приспособлений на точность без учета изменения их размеров цепей владствие упругих и остаточных деформаций элементов. Это объясняется тем, что в настоящее время еще не накоплено достаточно сведений для определения количественной оценки ряда первичных погрешностей, влияющих на точность обработки.

С целью выявления погрешностей были проведены производственные исследования, которые проводились на заводах серийного производства. Предметом исследований были фрезерные и сверлильные



приспособления, при выборе которых учитывалось, что детали ба-
зируются обработанными поверхностями и устанавливаются на опор-
ные пластины, специальные или выполненные по ГОСТ 4743-68. Уси-
лие зажима, как правило, было направлено перпендикулярно плос-
кости пластин. Исследования проводились по специальной методике.
Цель исследований - определение влияния погрешностей, связанных
с эксплуатацией приспособлений, на точность выдерживаемых раз-
меров. Исследуемым показателем точности выбрано отклонение рас-
положения поверхностей (непараллельность, неперпендикулярность)
обрабатываемых деталей. Данный показатель точности при обработке
деталей на фрезерных станках, зачастую, является доминирующим и
не компенсируется настройкой инструмента на размер.

Полученные результаты позволили судить о влиянии погрешно-
стей на выдерживаемое отклонение в процессе эксплуатации приспособ-
лений. В общем балансе точности, при отклонении от параллель-
ности и перпендикулярности 0,05:100 мм длины, их удельный вес
был следующим: Δy - погрешность от упругих деформаций корпусов
под действием сил резания и зажима 10-24%, δ_{np} - погрешность,
связанная с неточностью изготовления приспособления 16-35%, ξ_{u_1} -
погрешность, связанная с износом направляющих элементов 10-20%,
 ξ_{u_2} - погрешность, связанная с износом установочных элементов
10-20%, Δy_0 - погрешность от упругих и пластических деформаций
корпусов под установочными элементами 10-30%, ξ_3' - погрешно-
сть от неравномерной твердости и шероховатости базовой поверх-
ности заготовки 0-10%, Δ_{np} - погрешности, не связанные с прис-
пособлением 20-30%.

Анализ полученных данных показал, что на отклонение распо-
ложения обрабатываемых поверхностей существенное влияние оказы-
вают неравномерный износ установочных элементов и неравномерное
распределение деформаций в корпусах под установочными элемента-
ми в зависимости от числа установок, и упругие перемещения эле-
ментов корпусов под действием сил резания и зажима. Установле-
но, что на неравномерное распределение деформаций в корпусах под
установочными элементами оказывает влияние место прилегания си-
лы резания.

Таким образом, рассматривая современное состояние вопроса
и проведенные производственные исследования, можно сформулиро-
вать основные задачи диссертации: 1) исследование образования
остаточных деформаций в корпусах приспособлений под установочны-

ми элементами с целью получения математических зависимостей для их расчета; 2) исследование упругих перемещений в корпусах приспособлений под действием сил резания и зажима; 3) определение численной величины контактных перемещений в стыке "опора-заготовка" в зависимости от расположения силы резания относительно установочных элементов; 4) выявление оптимальных схем расположения опорных пластин с учетом их износа и деформаций в корпусах под ними; 5) разработка методики расчета приспособлений на точность с учетом факторов, определяющих срок службы станочных приспособлений; 6) проверка разработанных рекомендаций по конструированию приспособлений в производственных условиях и оценка их экономической эффективности.

Во второй главе приведены результаты экспериментальных исследований образования остаточных деформаций в корпусах приспособлений под установочными элементами. В целях получения достоверных данных образования остаточных деформаций в различных материалах была создана специальная экспериментальная установка, позволяющая воспроизвести нагрузки, действующие на стык "опора-корпус" в процессе эксплуатации приспособлений. Образцы для исследований изготавливались из материалов наиболее часто применяемых при конструировании приспособлений: Ст.3, сталь 20, сталь 30, сталь 35, сталь 40, сталь 45, СЧ15-32, СЧ18-36, СЧ21-40. Измерение перемещений проводилось через тысячу нагружений на оптическом длинноре. Общее число нагружений для одного испытания принималось 30 тыс. Исследования проводились при нагрузках 25, 50, 75, 100, 125, 150 кгс/см² с циклом нагружения 1/1, 3/3, 15/15, 30/30 сек/сек (время действия нагрузки/время паузы). Для установления влияния твердости материала на величину перемещений образцы комплектовались в группы с разбросом значений HRC не более 5%. Шероховатость исследуемых образцов определялась профилограф-профилометром завода "Калибр" и для различных материалов комплектовались по классам шероховатости от 5 до 8-го включительно по ГОСТ 2789-59. В процессе исследований проводились измерения микротвердости по глубине нагруженного слоя на шлифах с помощью прибора ПМТ-8 и металлографический анализ - на приборе МИМ-8М. На специальной установке исследовалось изменение контактной жесткости в зависимости от числа циклов нагружений.

В результате проведенных исследований установлено, что под-

ное перемещение в зоне нагружения состоит из двух составляющих — упругой и пластической. Упругие перемещения восстанавливаются через 20 и более минут после прекращения циклического нагружения. Пластические деформации происходят за счет смятия и закругления выступов микронеровностей. Это фиксировалось профилограммами, снятыми на границе нагруженной и ненагруженной зон.

Анализ результатов экспериментальных данных показал, что влияние вышеперечисленных факторов на величину перемещений от упругого деформирования выражается степенной зависимостью вида

$$y_{0y} = A_0 \tau^{A_1} q^{A_2} R_z^{A_3} \frac{1}{HRB} A_4 N_4^{A_5},$$

где A_0 — коэффициент; A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 — показатели степеней. Математическая обработка данных эксперимента проводилась способом наименьших квадратов на ЭВМ. Отклонения расчетных значений от экспериментальных составляют 5-15% и показывают высокую сходимость с результатами производственных исследований. Наибольшие расхождения результатов эксперимента касаются пластической составляющей перемещений. Это говорит о том, что в условиях эксплуатации приспособлений на стык "Опора-корпус" оказывают влияние дополнительные факторы, которые условия лабораторных исследований не позволили имитировать. Для количественной оценки перемещений от пластических деформаций использованы данные, полученные в результате производственных исследований. Установлено, что среднее значение перемещений от пластических деформаций в корпусах приспособлений под установочными элементами определяется зависимостью

$$y_{0n} = C q^K N_4^m \cdot K_m$$

где C — коэффициент; K, m — показатели степеней; K_m — коэффициент, характеризующий материал корпуса приспособления.

На неравномерное распределение y_{0n} оказывает влияние расположение силы резания относительно установочных элементов. Из практики эксплуатации приспособлений установлено, что зона резания относительно установочных элементов располагается: вне области опор, частично в области опор, полностью в области опор. Каждому случаю соответствует несколько схем расположения установочных элементов. Для оценки качества различных схем расположения установочных элементов приняты коэффициенты неравномерности образования остаточных деформаций, т.е. только неравномерное их распределение оказывает влияние на отклонение расположения об-

рабатываемых поверхностей. Установлено два коэффициента неравномерности: K_1 - показывающий отношение максимальных перемещений $Y_{оп\max}$ к их среднему значению, $Y_{оп}$, K_2 - показывающий отношение $Y_{оп\min}$ к $Y_{оп}$, т.е.

$$K_1 = \frac{Y_{оп\max}}{Y_{оп}}; K_2 = \frac{Y_{оп\min}}{Y_{оп}}.$$

Тогда отклонение расположения обрабатываемых поверхностей $\varepsilon_{Y_{оп}}$ с учетом длин обрабатываемой поверхности L_d и установочных элементов $L_{уз}$ определится

$$\varepsilon_{Y_{оп}} = Y_{оп} (K_1 - K_2) \frac{L_d}{L_{уз}}.$$

Поскольку направление обеих составляющих совпадает, то общее перемещение определяется зависимостью

$$Y_0 = Y_{оп} + Y_{уу}$$

или

$$Y_0 = (C q^k N_4^m + A_0 \tau q^{A_1} R_z^{A_2} \frac{1}{HRB^{A_4} N_4}) K_n.$$

Экспериментально установлено, что с увеличением числа нагружений в поверхностном слое происходит явление наклепа. Причем с увеличением коэффициента упрочнения рост упругих перемещений замедляется. Это позволило применить метод пластического деформирования (обкатка шариком) как наиболее эффективный способ уменьшения величины $Y_{уу}$. Перемещения $Y_{уу}$ в обкатанных образцах в 1,5 - 2 раза меньше, чем в образцах из тех же материалов со шлифованной поверхностью.

Исследование контактной жесткости показали, что в образцах с упрочненной поверхностью жесткость τ 1,8-2 раза выше, чем в соответствующих шлифованных образцах и мало зависит от числа циклов нагружений. У необкатанных образцов при нагружении свыше 60 тыс. циклов наблюдалось снижение жесткости на 20-30% по сравнению с исходной. Изменение жесткости в зависимости от числа циклов нагружений при расчете сил зажима учитывалось коэффициентом $K = 0,7-1,0$,

В г л а в е III проведены аналитическое и экспериментальное определения упругих перемещений в корпусах приспособлений типа "тавр с ребрами". Корпуса данного типа наиболее часто применяются в токарных, сверлильных и фрезерных приспособлениях. Расчет подобных корпусов на жесткость представляет определенную

сложность и поэтому в практике конструирования приспособлений не применяется, что приводит к необоснованному расходу металла или к пониженной жесткости приспособлений. На основании анализа некоторых приближенных методов расчета выбран наиболее приемлемый метод Ритца, основанный на принципе минимума энергии. При выборе расчетной схемы были приняты допущения, что сила, действующая на стенку с ребрами, равномерно распределяется по опорным пластинам. Равномерно распределенные силы заменены сосредоточенными. Для определения перемещений в стенке корпуса от действия сосредоточенных сил использовано правило суперпозиции, т.е. независимого действия сил. Получены зависимости для определения упругих перемещений в любой точке сечения стенки корпуса. Определение перемещений в сечении Z от основания стенки до точки Z_0 приложения силы P производится по формуле

$$y = \frac{P(3I_3 Z_0^2 - I_2 Z_0^3)}{12(I_1 I_3 - I_2^2)} Z^2 + \frac{P(I_1 Z_0^3 - 3I_2 Z_0^2)}{36(I_1 I_3 - I_2^2)} Z^3,$$

где I_1, I_2, I_3 - коэффициенты, учитывающие изменение момента инерции сечения. Их значения определяются методом трапеции. Полное перемещение в точках приложения сил, например, для трех опорных пластин, расположенных параллельно основанию корпуса, определяется по формулам

$$\sum y_{z_{01}} = y_1 + y_{z_{01}}^I + y_{z_{01}}^{II};$$

$$\sum y_{z_{02}} = y_2 + y_{z_{02}}^I + y_{z_{02}}^{II};$$

$$\sum y_{z_{03}} = y_3 + y_{z_{03}}^I + y_{z_{03}}^{II},$$

где $\sum y_{z_{01}}, \sum y_{z_{02}}, \sum y_{z_{03}}$ - суммарные перемещения от действия всех сил соответственно на первой, второй и третьей пластине,

y_1 - перемещения под сосредоточенной силой на первой пластине, $y_{z_{01}}^I$ - перемещения в точке приложения первой силы от сосредоточенной силы на второй пластине; $y_{z_{01}}^{II}$ - перемещения в точке приложения первой силы от сосредоточенной силы на третьей пластине и т.д.

Для расчета перемещений по данному методу разработана программа для ЭВМ. Для конкретного корпуса типа "тавр с ребрами"

проводились экспериментальные исследования упругих перемещений на специальном стенде. Сравнение данных эксперимента с расчетными значениями показывает, что наименьшее расхождение 30-35% наблюдалось в области ребер жесткости. Из-за прогиба стенки в центре расхождения больше и составляют 35-45%. С целью выявления влияния расположения установочных элементов на стенке корпуса на величину упругих перемещений три опорные пластины устанавливались в различных положениях. Установлено, что путем оптимального их размещения можно снизить погрешности обработки от упругих перемещений корпуса приспособления на 20-25%.

Исследования, проведенные в производственных условиях, показали, что расположение силы резания относительно установочных элементов влияет на отклонение расположения обрабатываемых поверхностей. Для установления количественной оценки использованы положения Левиной В.М., Решетова Д.Н. и Рыжова Э.В. по внецентренному нагружению стыка. Получены зависимости для определения контактных перемещений $U_{0\eta}$ в любом η сечении стыка

$$U_{0\eta} = C \left(\frac{Q + P_{рез}}{b\ell} \right)^m \pm \frac{b\ell U_0}{\eta(Q + P_{рез})} \cdot \frac{P_{рез} \cdot y}{J_x} \cdot \eta, \text{ мм}$$

где C - коэффициент, характеризующий качество базовой поверхности заготовки; b, ℓ - ширина и длина опорной пластины, $Q, P_{рез}$ - силы зажима и резания; U_0 - контактные перемещения под действием центрально приложенных сил; $U_0 = Cq^m$, m - показатель степени; $\eta = \frac{1}{m}$, q - удельное давление в стыке, равное $\frac{Q + P_{рез}}{b\ell}$; y - координата точки приложения силы резания; J_x - момент инерции опорных пластин в стыке "опора-заготовка". Расчеты показали, что значения отклонений расположения обрабатываемых поверхностей за счет контактных деформаций в стыке "опора-заготовка" под действием внецентренного приложения силы резания зависят от величин $Q, P_{рез}$, шероховатости базовой поверхности стыка заготовки и составляют от 5-10% допустимого отклонения.

Установлена характеристика стыка из условия его нераскрытия как отношение $\frac{Q}{P_{рез}}$. Определено условие $\frac{Q}{P_{рез}} > 2$ для случая, когда сила резания приложена на расстоянии $\ell/2$ от центра опорной пластины.

В четвертой главе рассмотрено применение результатов исследования при конструировании станочных приспособлений.

Разработанные рекомендации по конструированию станочных приспособлений, направленные на повышение точности обрабатываемых деталей и срока службы приспособлений, делятся на конструкторские, технологические и эксплуатационные. Рекомендации конструкторского характера дают возможность при конструировании приспособлений принимать такие решения, которые, не изменяя принятой схемы базирования, снижают влияние определенных факторов на точность выдерживаемых размеров. Например, использование штифтов для крепления опорных пластин устраняет их перемещение относительно корпуса в процессе эксплуатации, тем самым снижает значение пластической составляющей остаточных деформаций в корпусах приспособлений на 50-60%. Если опорные пластины изготавливаются из стали 45 или стали 40х и полностью закаляются, рекомендуется устанавливать их в пазы по посадке $\frac{A_3}{F_3}$. В тех случаях, когда установочные элементы воспринимают различную нагрузку, целесообразно выравнивать ее за счет изменения площади установочных элементов в стыке "опора-корпус" или расположением точки приложения силы зажима.

Технологические рекомендации касаются выбора технологических методов обработки поверхностей корпусов под установочные элементы, обеспечивающие их высокую шероховатость и поверхностную твердость. Например, обработка поверхностей корпуса методом пластического деформирования, применение поверхностной закалки и т.д. Эксплуатационные рекомендации касаются профилактического контроля состояния стыка "опора-корпус" при креплении установочных элементов винтами. Установлено, что его состояние зависит от многих факторов. На основании производственных наблюдений рекомендуется в массовом и крупносерийном производствах при нагрузке на стык "опора-корпус" более 70 кгс/см^2 производить затяжку винтов крепления опор-пластин 4 раза, при нагрузке $50-70 \text{ кгс/см}^2$ - 3 раза; при меньших нагрузках - 1-2 раза в год.

При выборе схем расположения установочных элементов, с точки зрения обеспечения заданной точности обработки, рекомендуется их качество оценивать отношением коэффициентов неравномерности и применять ту схему, для которой $\frac{K_1}{K_2}$ ближе к единице.

Разработанная методика расчета приспособлений на точность учитывает изменение их размерных цепей под действием факторов, зависящих от количества обработанных деталей. К таким факторам

применительно к фрезерным приспособлениям, относится износ установочных элементов и остаточные деформации в корпусах в стыке "опора-корпус". Как правило, погрешности от этих факторов - $\varepsilon_{\text{и}}, \Delta_{\text{Уо}}$ влияют на выдерживаемый размер в одном направлении и по своему характеру относятся к систематическим растущим.

Приспособление призвано обеспечивать заданную точность обрабатываемых деталей в пределах определенной партии или определенного времени его эксплуатации, то оно должно иметь "запас точности" $\varepsilon_{\text{зт}}$. Величина "запаса точности" определяется из условия обеспечения надежной работы приспособления и должна быть обоснована, т.к. ее завышение приводит к необоснованному ужесточению допуска на изготовление приспособления. Определение $\varepsilon_{\text{зт}}$ предусматривается в разработанной методике. На рис. I приведено распределение погрешностей в поле допуска выдерживаемого размера. Из рис. I видно, что составляющими технологического допуска δ будут: ε - допустимая погрешность установки и $\Delta_{\text{г}}$ - сумма первичных погрешностей.

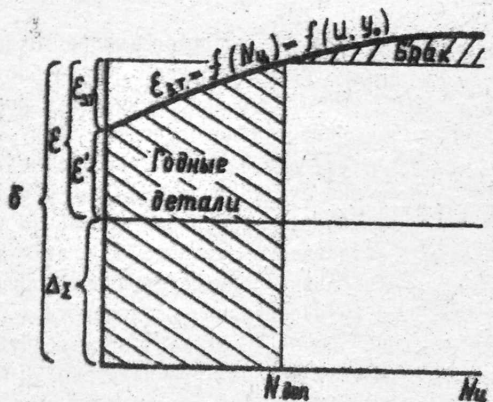


Рис. I

Для обеспечения заданной точности обработки должно соблюдаться условие $\varepsilon' < \varepsilon$, где ε' - погрешность установки на данной операции. Это условие должно гарантироваться частью технологического допуска выдерживаемого размера, которая будет уменьшаться по мере накопления погрешностей, возникающих в процессе экс-

плутации приспособления. К ним относятся ϵ_u и Δy_0 . Их суммарное значение зависит от числа обработанных деталей N_d или $\Sigma \epsilon_u, y_0 = f(N_d)$. Допустимая погрешность установки с учетом $\Sigma \epsilon_u, y_0$ определится: $\epsilon = \delta - \Delta z - \Sigma \epsilon_u, y_0$, тогда $\epsilon' = \epsilon$. Это дает возможность гарантировать качественное изготовление деталей за счет предусмотренного "запаса точности" $\epsilon_{zt} = \Sigma \epsilon_u, y_0$.

Используя исследования В.С. Корсакова и В.В. Микитянского по износу установочных элементов ϵ_u и формулы, приведенные выше для определения Δy_0 , можно определить ϵ_{zt} . Если значение ϵ_{zt} мало, можно расширить допуск на изготовление приспособления в пределах допустимой погрешности установки.

По данной методике разработан алгоритм и программа для ЭВМ. Применение алгоритма и программы наиболее эффективно при автоматизированном проектировании технологических процессов обработки для оценки точностных возможностей приспособлений. В диссертации приводится пример расчета допустимого отклонения положения элементов фрезерного приспособления.

Разработанные рекомендации по выбору установочных элементов опорных пластин использованы при автоматизированном конструировании фрезерных приспособлений, предназначенных для обработки деталей фланцевого типа. В процессе автоматизированного получения конструкторской документации станочных приспособлений используется метод формирования чертежей на базе типовых графических изображений. Графическое описание типовых изображений (ТИ) осуществлялось с помощью языка математического обеспечения чертежно-графических автоматов серии "ИТКАН". Язык математического обеспечения позволяет производить корректировку отдельных фрагментов чертежа путем ввода логических условий, определяющих выбор тех или иных частей (ТИ). Таким образом, имея типовое изображение приспособления для обработки деталей фланцевого типа в виде программы, представленной в цифро-кодах, можно изменить некоторые его размеры и получать приспособления для обработки других деталей данного типа.

Проверка разработанных рекомендаций по конструированию приспособлений проводилась на Хабаровском Станкостроительном заводе и Московском автозаводе им. Лихачева. Приспособления, спроектированные с учетом рекомендаций, периодически проверялись с целью определения фактических перемещений $y_{оп}$ в корпусах под

установочными элементами. Проводилось их сравнение с расчетными данными. Также определялась эффективность обработки поверхностей корпусов под установочные элементы методом пластического деформирования. Определено, что установка опорных пластин на штифты и в пазы снижает $U_{оп}$ в два раза. Сравнение фактических значений $U_{оп}$ в приспособлениях, у которых на стык "опора-корпус" действовала нагрузка 25-75 кгс/см² с расчетными данными, показало, что расхождения не превышают 25%. Это дает основания судить о достоверности полученных расчетных формул. Установлено, что обработка поверхностей корпусов под установочные элементы методом пластического деформирования снижает значение $U_{оп}$ в два раза и повышает точность обработки.

Разработанные рекомендации, направленные на длительное сохранение размеров элементов приспособлений, влияющих на точность обработки, позволяют получить экономический эффект от снижения затрат на расходы, связанные с их ремонтом - 1000 рублей на 100 приспособлений средней группы сложности.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Исследования показали, что деформации элементов станочных приспособлений оказывают существенное влияние на отклонение взаимного расположения обрабатываемых поверхностей и составляют в общем балансе суммарной погрешности от 30 до 50%.

2. Установлено, что в корпусах приспособлений под установочными элементами накапливаются остаточные деформации, которые, в основном, определяют отклонение расположения обрабатываемых поверхностей и срок службы приспособлений.

3. Учет неравномерного износа опорных пластин и остаточных деформаций в корпусах под установочными элементами фрезерных приспособлений позволил повысить точность взаимного расположения обрабатываемых поверхностей на 15-20%.

4. Эффективным технологическим решением, направленным на уменьшение остаточных деформаций в корпусах под установочными элементами, является обработка их поверхностей методом пластического деформирования. Экспериментальные исследования и производственная проверка показали, что применение данного метода снижает остаточные деформации в 1,5-2 раза.

5. Установка опорных пластин на штифты и в пазы корпусов снижает перемещения от пластического деформирования в 1,5 раза.

6. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили выявить закономерности образования упругих перемещений в корпусах типа "тавр с ребрами". Установлено, что путем оптимального расположения опорных пластин на корпусе можно снизить упругие перемещения в них на 20-25%.

7. Определено влияние эксцентрично действующей силы резания на величину контактных перемещений в стыке "опора-заготовка". Установлено, что перемещения зависят от эксцентриситета e приложения силы резания $P_{рез}$ и от отношения силы зажима Q к $P_{рез}$. Определено, что при отношении $Q/P_{рез} < 2$ создается условие раскрытия стыка "опора-заготовка".

8. Использование разработанной методики расчета приспособлений на точность позволили прогнозировать срок их службы при обеспечении заданной точности обработки. Это способствует дальнейшему развитию системы плазово-предупредительного ремонта приспособлений.

9. Применение ЭВМ сокращает трудоемкость расчетов приспособлений на точность в 6-10 раз. Разработанный алгоритм может быть использован при автоматизированном проектировании технологических процессов для проверочно-точных расчетов приспособлений.

10. Разработанные рекомендации могут быть использованы для проведения точностных расчетов при конструировании других типов приспособлений.

11. Полученные в работе рекомендации позволяют увеличить срок службы приспособлений на 20% и получить условный экономический эффект 1000 рублей на 100 приспособлений средней группы сложности.

12. Результаты исследований использованы при конструировании приспособлений на автозаводе им.Лихачева и Хабаровском станкостроительном заводе.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Дударев В.И. Пути повышения точности и долговечности станочных приспособлений. "Повышение надежности машин и стан-

ков". Хабаровск, 1971.

2. Дударев В.И. К вопросу точности станочных приспособлений. В сб.Повышение износостойкости деталей машин. Хабаровск, 1972.

3. Дударев В.И. Факторы, определяющие точность универсально-наладочных приспособлений. Тезисы I-й Всесоюзной конференции "Разработка, изготовление и внедрение универсально-сборной переналаживаемой оснастки на машиностроительных предприятиях", Харьков, 1978.