М 308643

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ С
МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕН
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ им. Н.Э. БАУМАНА

На правах рукописи

Инженер ГРИГОРЬЕВ Лев Алексеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТЯЖКИ ОДИНОЧНЫХ И ГРУППОВЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

(Специальность 05.02.02 - Машиноведение и детали машин)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва-1977

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ им. Н.Э. БАУМАНА

На правах рукописи

Инженер ГРИГОРЬЕВ Лев Алексеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТЯЖКИ ОДИНОЧНЫХ И ГРУППОВЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

(Специальность 05.02.02 - Машиноведение и детали машин)

1308645

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана
1308645
Григорьев Л.А. Исследовани

Москва-1977

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте по монтажным и специальным строительным работам.

Научный руководитель,
кандидат технических наук, доцент - ДРОЗДОВ Н.А.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор - ИОСИЛЕВИЧ Г.Б.
кандидат технических наук, доцент - КУКЛИН В.Б.

Ведущая организация - ЦПКБ Главтехмонтажа Минмонтажспецстроя СССР.

Автореферат разослан " 19 " декабря 1977 г.
Защита состоится " 19 " декабря 1977 г.

на заседании Специализированного Ученого Совета "Машиностроение" Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5.

Ваши отзывы в 2-х экз., заверенные печатью, просьба направлять по указанному адресу.

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

Ученый секретарь Совета,
к.т.н., ст.н.с.

ПОПОВ П.К.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Общая характеристика работы

Актуальность. Условия эксплуатации современных машин и оборудования предъявляют повышенные требования к качеству, надежности и долговечности резьбовых соединений. Резьбовые соединения технологического оборудования большой мощности или работающего при высоких параметрах рабочей среды являются особо ответственными, так как нарушение плотности стыков или разрушение соединений деталей и узлов машин может быть причиной крупной аварии. Встречающиеся разрушения резьбовых соединений или нарушение плотности стыка в 50% случаев являются результатом некачественно выполненной предварительной затяжки. Произвольные усилия затяжки, полученные в результате несовершенства методов сборки и контроля, обесценивают прочностные расчеты резьбовых соединений. Распределение усилия затяжки при сборке одиночных и групповых резьбовых соединений изучено недостаточно, особенно это относится к соединениям большого диаметра. Вместе с тем, отклонение фактических усилий затяжки от расчетных оказывает существенное влияние на работоспособность и надежность резьбовых соединений.

Целью исследований является уточнение зависимостей между расчетным и фактическим усилием затяжки одиночных и групповых резьбовых соединений, повышение точности контроля и совершенствование их конструкций на основе изучения распределения усилий и деформаций в стягиваемых и крепежных деталях для основных способов сборки.

Методы исследований. Изучение напряженно-деформированного состояния резьбовых соединений на различных этапах сборки предварительным растяжением, а также определение величины удлинения болта на участках свинчивания проводилось методами теории упругости с последующей экспериментальной проверкой на натурных образцах шпилек диаметром 48-100 мм.

Исследование взаимосвязи усилия затяжки и крутящего момента, определение коэффициентов трения в резьбе f_ρ' и на торце гайки f_τ ,изучение рассеяния этих величин и погрешностей усилий затяжки выполнено экспериментально.Для обработки результатов исследований применялись методы теории вероятностей и математической статистики.

Перераспределение усилий затяжки в групповых резьбовых соединениях изучалось путем решения задач о деформации деталей на упругом основании с односторонней связью, с использованием ЭВМ и экспериментально.

Научная новизна. Изучены явления, происходящие при сборке различными методами резьбовых соединений большого диаметра. Впервые исследовано перераспределение усилий затяжки в групповых резьбовых соединениях полосовых и фланцевых стыков в процессе сборки;

Изучено влияние различных конструктивных параметров резьбовых соединений на величины рассеяния усилий затяжки, даны рекомендации по их расчету с учетом возможных погрешностей. Уточнена зависимость для определения удлинения на участке свинчивания с учетом числа нагруженных витков, диаметра, шага и шероховатости резьбы;

Аналитически и экспериментально установлены средние значения коэффициента разгрузки в зависимости от конструктивных параметров резьбовых и стягиваемых деталей. В зависимости от условий свинчивания определены средние значения приведенных коэффициентов трения в резьбе f_p' и на торце гайки $f_т$ для соединений диаметром 48-100 мм.

Практическая ценность. Установлены зависимости между расчетным и фактическим усилием затяжки, даны практические рекомендации по повышению точности его контроля и выбору способов сборки резьбовых соединений большого диаметра, которые вошли в нормативные документы по монтажу технологического оборудования и проекты производства работ. Полученные данные позволяют установить классы точности затяжки резьбовых соединений, а в дальнейшем стандартизировать методы контроля в зависимости от величины возможных погрешностей.

Апробация работы. Полученные в результате исследований рекомендации были проверены и использованы при сборке и контроле ответственных резьбовых соединений на монтаже оборудования прокатного стана "2000" Череповецкого металлургического, Полоцкого и Московского нефтеперерабатывающих заводов и ряда других промышленных объектов. Результаты работы доложены на семинарах Главметаллургмонтажа и Главтехмонтажа, заседаниях НТС и научно-технических конференциях ВНИИмонтажспецстроя, на кафедре "Детали машин" МВТУ им.Н.Э.Баумана.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и рекомендаций, списка литературы из 109 наименований и трех приложений на 29 страницах. Содержит 105 страниц текста, 13 таблиц, 43 рисунка.

Содержание работы

Первая глава посвящена классификации существующих способов сборки резьбовых соединений и методов контроля усилия затяжки, анализу влияния ее величины на работоспособность резьбовых соединений, изучению вопроса и постановке задач исследований.

В работах И.А.Биргера, Д.Н.Решетова, Г.Б.Иосилевича показано, что предварительное усилие затяжки увеличивает прочность резьбовых соединений и способствует сохранению плотности стыка при эксплуатации.

Исследования по контролю усилий затяжки нашли отражение в работах И.Г.Старостина, М.А.Щуренко, Л.Я.Ицкова, *G.Kellermann*, *H.Ch.Klein* и других авторов. Однако в настоящее время погрешности контроля усилия затяжки, особенно при сборке групповых резьбовых соединений и соединений большого диаметра, значительны, что объясняется неизученностью этого вопроса и конструктивными особенностями резьбовых соединений большого диаметра. Разнообразие технических требований, предъявляемых к резьбовых соединениям, их конструктивные особенности, а также экономические предпосылки создают необходимость в обоснованном выборе эффективного способа затяжки, метода ее расчета и контроля.

На основе анализа требований к методике расчета, точности контроля и технологии монтажа в работе были поставлены следующие задачи:

- изучить распределение деформаций в крепежных деталях, уточнить основные аналитические зависимости и дать рекомендации по расчету и контролю усилий затяжки по удлинению, а также на различных этапах сборки предварительным растяжением, установить значение коэффициента разгрузки в зависимости от конструктивных параметров;

- исследовать взаимосвязь усилия затяжки и крутящего момента при сборке резьбовых соединений большого диаметра, уточнить значение приведенных коэффициентов трения в резьбе и на торце гайки;

– исследовать перераспределение усилия затяжки в групповых резьбовых соединениях в зависимости от их конструктивных параметров и порядка сборки;

– дать рекомендации по совершенствованию конструкций резьбовых соединений, разработать методику расчета усилий затяжки с учетом применяемых способов сборки и конструктивных особенностей резьбовых соединений, технологии их сборки и методов контроля.

Во второй главе установлено, что при контроле усилия затяжки по удлинению существующие рекомендации недостаточно хорошо отражают физическую сущность задачи.

Рассмотрено взаимодействие витков резьбы стержня и гайки на элементарном участке с учетом контактной податливости в резьбе и ее конструктивных параметров, изучена деформация стержня на участках свинчивания резьбового соединения. Введено понятие и установлены для различных конструктивных параметров значения коэффициента распределения нагрузки

$$\alpha_1 = \frac{\delta_T}{\delta} = \frac{1}{P_3 \cdot H} \int_0^H dz \int_0^H g(z)\,dz \quad , \qquad (1)$$

который входит в уточненную зависимость для определения удлинения на участках свинчивания

$$\lambda_r = \frac{H \cdot \alpha_1}{E \cdot F} \quad , \qquad (2)$$

где $g(z) = \frac{P_3 \cdot m_1 \cdot ch(m_1 z)}{sh(m_1 z)}$ – функция интенсивности распределения нагрузки по высоте гайки;

P_3 – осевое усилие в стержне болта;

H – высота гайки;

F_p – площадь поперечного сечения стержня болта с приведенным наружным диаметром;

E – модуль упругости материала;

m_1 – безразмерный коэффициент, зависящий от механических характеристик, шероховатости контактирующих поверхностей и геометрических параметров резьбовых деталей.

Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментально. Значения коэффициента распределения нагрузки для метрической резьбы и нормальных гаек диаметром 36-100 мм

в зависимости от числа витков свинчивания, диаметра, шага, шероховатости резьбы изменяются в пределах 0,I5-0,5, что существенно отличается от обычно рекомендуемых в технической литературе. Для определения удлинения болта на участке свинчивания получены уточненные расчетные зависимости, а значения коэффициента распределения нагрузки α_i представлены в виде графиков, удобных для технических расчетов.

Для резьбовых соединений, собираемых предварительным растяжением, рассмотрено напряженно-деформированное состояние в соединяемых и крепежных деталях после вытяжки. Используя методы решения пространственных задач теории упругости определены объемные составляющие деформаций на первом этапе - после предварительного растяжения и на втором этапе - после снятия монтажной нагрузки. Составляющие контактных перемещений определены экспериментально по методике, разработанной Д.Н.Решетовым и З.М.Левиной. На основании решения уравнения совместности деформаций на первом и втором этапах сборки установлено влияние на коэффициент разгрузки K_p толщины стягиваемых деталей, шероховатости резьбы, торцев гайки и шайбы, радиуса опоры вытяжного домкрата. С целью сравнения и уточнения основных методов контроля по косвенным параметрам теоретически получены зависимости для вероятностной оценки погрешностей усилий затяжки одиночных резьбовых соединений.

Третья глава посвящена комплексу экспериментальных исследований, выполненных с целью проверки аналитических зависимостей усилия затяжки от величины удлинения болта и усилия предварительной вытяжки, а также исследования зависимостей усилия затяжки от крутящего момента; анализу влияния основных конструктивных параметров резьбовых соединений и технологических факторов на погрешности усилия затяжки; определению величины приведенных коэффициентов трения в резьбе f_p' и на торце f_T (табл.I). Опытные значения усилий затяжки с контролем по удлинению, полученные при испытаниях натурных образцов, практически совпали с данными, вычисленными теоретическим путем, отклонения не превышали $\pm 7\%$.

В процессе экспериментов получены значения коэффициента разгрузки K_p при сборке одиночных резьбовых соединений диаметром 48-I00 мм способом предварительного растяжения (рис.I). Результаты экспериментальных исследований падения

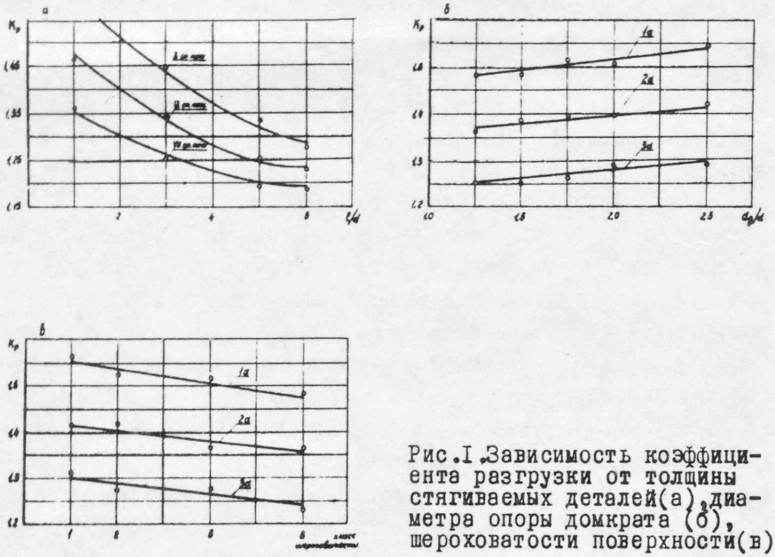


Рис.I.Зависимость коэффициента разгрузки от толщины стягиваемых деталей(а),диаметра опоры домкрата (б), шероховатости поверхности(в).

усилия предварительной вытяжки подтвердили характер теоретических зависимостей. Установлено, что с увеличением толщины стягиваемых деталей с I,0 до 6 d коэффициент разгрузки уменьшался до 35%. Изменение шероховатости плоскостей деталей со 2-го класса по 8-й снижает коэффициент разгрузки в среднем на I3% для одного стыка. Изменение радиуса опоры домкрата с 2,I до 0,8 d понижает коэффициент разгрузки в среднем до I0%. По результатам теоретических и экспериментальных исследований установлены средние значения коэффициента разгрузки K_p (табл.2) для соединений с различными конструктивными параметрами.

Анализ результатов экспериментальных исследований зависимости усилия затяжки от крутящего момента показывает, что в резьбовых соединениях диаметром 48-I00 мм f_p' и f_T на 25-30% больше, чем в соединениях диаметром I0-24 мм. С увеличением удельного давления на поверхностях трения при наличии смазки f_p' и f_T уменьшались на I0-I5%, а без смазки на I5--25%. С увеличением удельного давления происходит сужение диапазона рассеивания коэффициентов трения. При многократных затяжках без смазки значения коэффициентов трения во всем диапа-

зоне удельных давлений с каждой затяжкой возрастают, достигая 130-140% к 4-6-й затяжке. Установлено также, что в условиях допускаемых перекосов элементов резьбовых соединений при низких уровнях затяжки (0,2-0,3) $\sigma_т$ сопротивление трению возрастает, а с увеличением уровня затяжки зависимость между крутящим моментом и усилием затяжки стабилизируется. Относительная погрешность определения усилия затяжки по удлинению составляет ±10%, по усилию вытяжки ±15%, по моменту ±25%, по углу поворота ±70%.

Таблица 1

Удельное давление на поверхности трения, q кгс/см2	$f_р$ в резьбе				$f_т$ на торце			
	без смазки		солидол "С" с графитом		без смазки		солидол "С" с графитом	
	Затяжка							
	1-я	4-6-я	1-я	4-6-я	1-я	4-6-я	1-я	4-6-я
500	0,24	0,30	0,2	0,18	0,11	0,14	0,09	0,08
1000	0,18	0,22	0,17	0,15	0,09	0,11	0,08	0,07

Таблица 2

Класс шероховатости соединяемых деталей	Диаметр опоры домкрата, $D_д$	$b=(2\div3)d$		$l=(3\div5)d$		$l>6d$	
		с шайбой	без шайбы	с шайбой	без шайбы	с шайбой	без шайбы
Шероховатость 2кл	$\leqslant 2d$	1,7	1,55	1,35	1,25	1,25	1,2
	$>2d$	1,75	1,6	1,4	1,3	1,8	1,25
Шероховатость 3кл	$\leqslant 2d$	1,55	1,45	1,3	1,2	1,2	1,15
	$>2d$	1,6	1,5	1,35	1,25	1,25	1,2

Четвертая глава посвящена изучению перераспределения усилий затяжки групповых резьбовых соединений полосовых и фланцевых стыков. Для полосового стыка с прокладкой расчетная схема представлена как жесткая балка с односторонней связью, лежащая на упругом основании. Действие нагрузки на соединяемые детали от одиночных резьбовых соединений учтено приложением внешних сосредоточенных сил. Такое допущение справедливо для многих полосовых стыков, обладающих достаточной жесткостью соединяемых деталей и значительной податливостью промежуточных элементов. Работу крепежных деталей имитируют пружины с жесткостью $1/\lambda_в$. Метод расчета такой системы выбирался в зависимости от характера связи

между вертикальными перемещениями и реакциями на элементарном участке. Рассмотрено два случая, когда указанная зависимость является пропорциональной и показательной:

$$y_1 = K(ix + b) \quad \text{и} \quad y_2 = K C \sigma^m, \tag{3}$$

где K – коэффициент жесткости основания;

i – тангенс угла наклона присоединяемой детали;

b – ордината конца балки в эпюре деформаций;

$C; m$ – коэффициенты, зависящие от чистоты обработки и макрогеометрии поверхности стыка и свойств материала;

σ – удельное давление на номинальной площади контакта.

Положение присоединяемой детали после затяжки очередного болта найдено из решения системы уравнений:

$$\begin{aligned} \textstyle\sum M_A = 0;\ \int_0^L x\, y(x)\, dx = \sum_{j=1}^{n} P_j\, a_j; \\ \textstyle\sum P_y = 0\ \int_0^L y(x)\, dx = \sum_{j=1}^{n} P_j, \end{aligned} \tag{4}$$

где a_j – плечо силы относительно левого конца балки;

P_j – сила затяжки;

j – порядковый номер затягиваемого болта;

L – длина присоединяемой детали.

Изменение усилий затяжки определяли по координате вдавливания детали в точке приложения нагрузки (расположения болта), методом последовательных приближений. По разности перемещений в точках приложения нагрузки для каждого из j-x болтов (шпилек), находили изменение усилий затяжки:

$$\Delta P_{\xi,j} = (y_{\xi,j} - y_{\xi,j-1}) \cdot \frac{1}{L_B}, \tag{5}$$

где ξ – индекс, показывающий порядковый номер болта (шпильки), от которого происходят изменения усилия затяжки.

На последнем этапе расчета корректировали усилия затяжки на величину ее изменения. Вводя в расчет откорректированные усилия, повторяли цикл решения несколько раз и прекращали его по достижении выбранной точности.

Для присоединяемых деталей конечной жесткости основание принято несвязным, идеально упругим и представлено системой вертикальных опор, установленных на жесткий подстилающий слой. В ненагруженном состоянии деталь, рассматриваемая как балка, покоится на всех опорах без зазора. Условия равновесия имеют вид:

$$\begin{aligned} R_j &= K \cdot y_j \quad \text{при } y_j > 0; \\ R_j &= 0 \quad \text{при } y_j \le 0, \end{aligned} \tag{6}$$

где R_j – реакция j-й упругой опоры.

Для детали, нагруженной только сосредоточенными силами, уравнение изгиба представлено в виде:

$$EJ\frac{d^4y}{dx^4} + \sum_{j=1}^{m} R_j \cdot \delta(x-b_j) - \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot \delta(x-a_i) = 0, \qquad (7)$$

где $\delta(x-b_j)$ - дельта - функция Дирака;

$b_j; a_i$ - соответственно абсциссы точек приложения реакций опор и внешних нагрузок.

Выражая перемещение каждой опоры через реакцию основания и добавляя уравнения равновесия сил и моментов, решали систему уравнений и определяли прогибы. Дальнейший ход решения аналогичен предыдущему варианту. Для реализации решения всех вариантов составлены программы для ЭВМ.

В работе рассмотрено изменение усилия затяжки в групповых соединениях жестких фланцевых стыков. Из условия совместности деформации соединяемых и крепежных деталей с учетом их жесткости получены зависимости, позволяющие определить изменение начального усилия затяжки или необходимое количество обходов для его выравнивания. Как с полосовыми, так и с фланцевыми стыками проведены экспериментальные исследования, в процессе которых варьировались класс шероховатости соединяемых деталей, материал прокладок (сталь, медь, резина, оргалит), количество резьбовых соединений. Данные экспериментальных исследований хорошо совпадают с теоретическими.

В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что в полосовом стыке с двумя резьбовыми деталями при последовательной сборке окончательное усилие затяжки увеличивается относительно начального на 30-50% при расстоянии между ними $20d$ и уменьшается на 10-20% при расстоянии $6d$ (рис.2,а). С увеличением жесткости шпилек (болтов) изменение начальных усилий затяжки увеличивалось.

Для стыков с тремя шпильками (болтами) подсчитаны и экспериментально проверены величины усилий затяжки с различным порядком сборки. При расстоянии между шпильками $5d$ максимальное отклонение усилия затяжки от первоначального составляло 25% (рис.2,б). В стыках с четырьмя шпильками при расстоянии между ними $4d$ и аналогичных жесткостных характеристиках максимальное отклонение усилия затяжки от первоначального составляло 30% (рис.2,в). Во фланцевых стыках с восемью и более резьбовыми сое-

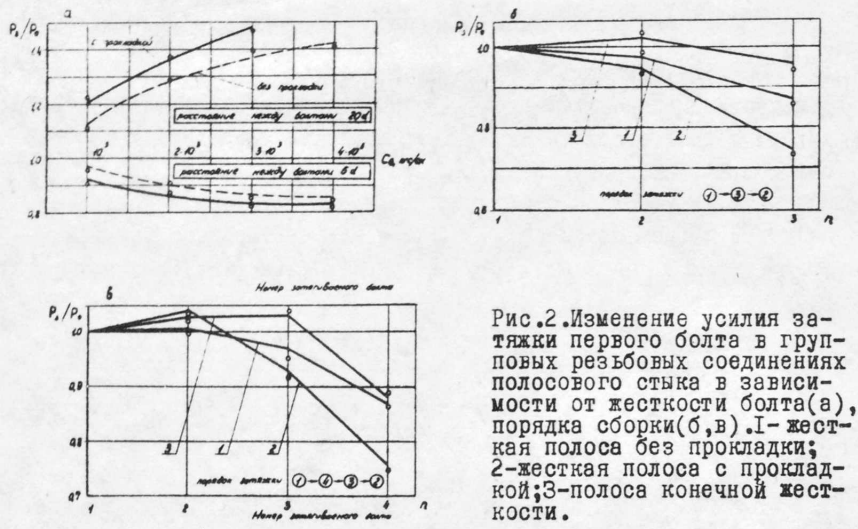


Рис.2.Изменение усилия затяжки первого болта в групповых резьбовых соединениях полосового стыка в зависимости от жесткости болта(а), порядка сборки(б,в).I-жесткая полоса без прокладки; 2-жесткая полоса с прокладкой;3-полоса конечной жесткости.

динениями, при наличии прокладок,после первого обхода падение первоначального усилия затяжки достигало 80%.

В пятой главе обобщены результаты исследований и изложены вопросы их практического применения. Даны рекомендации по совершенствованию конструкций и методов расчета величины затяжки резьбовых соединений, способов и средств их сборки и контроля, в том числе с учетом перераспределения нагрузки в групповых резьбовых соединениях. Показано, что коэффициент затяжки K' целесообразно рассчитывать как произведение коэффициента погрешности контроля затяжки $K_д$, коэффициента неравномерности затяжки $K_н$, коэффициента стабильности при эксплуатации $K_{ст}$ и коэффициента безопасности $K_б$. Приведены рекомендуемые для технических расчетов значения коэффициентов погрешности контроля затяжки и неравномерности затяжки.

На основании исследований разработаны нормативные и руководящие документы, даны рекомендации по совершенствованию методов контроля и способов затяжки, разработан ряд новых конструкций гидроключей для сборки ответственных резьбовых соединений диаметром 36-200 мм с контролем усилия.

Общие выводы

I. Изучено влияние конструктивных и технологических параметров на погрешность усилия затяжки в одиночных и групповых резьбовых соединениях в зависимости от применяемых способов сборки и методов контроля.

2. Установлено, что для резьбовых соединений большого диаметра погрешность усилия затяжки при контроле по удлинению достигает 25%. Показано, что удлинение болта (шпильки) на участках свинчивания с гайкой может быть оценено коэффициентом распределения нагрузки α_1, который учитывает интенсивность распределения нагрузки по виткам резьбы и зависит от числа витков свинчивания, диаметра, шага, шероховатости резьбы и других факторов. При этом погрешности затяжки уменьшаются до I0-I2%.

3. Методами теории упругости и экспериментально изучены явления, происходящие при сборке резьбовых соединений предварительным растяжением. Изменение усилия затяжки рекомендуется учитывать с помощью коэффициента разгрузки K_p.

В зависимости от толщины стягиваемых деталей, шероховатости, количества стыков и других факторов установлены значения коэффициентов разгрузки K_p для различных видов соединений, собираемых методом предварительной вытяжки.

4. Экспериментально показано, что для резьбовых соединений большого диаметра при сборке приложением крутящего момента приведенные коэффициенты трения в резьбе увеличиваются на 25-30% по сравнению с резьбовыми соединениями диаметром I0-24 мм. В условиях перекоса элементов резьбовых соединений увеличивается рассеяние усилия затяжки; суммарное сопротивление трению увеличивается в среднем на I0%.

5. На основе полученных экспериментальных данных о величинах рассеяния основных конструктивных и технологических параметров выполнена оценка погрешностей усилий затяжки. Получены зависимости влияния отклонений указанных параметров на величины погрешностей, возникающих при различных методах сборки.

6. Теоретически и экспериментально изучено перераспределение усилий затяжки болтов (шпилек), происходящее в про-

цессе сборки ряда распространенных на практике групповых резьбовых соединений. Получены зависимости, алгоритм расчета и программы для ЭВМ, предназначенные для определения фактического усилия затяжки в групповых резьбовых соединениях полосовых и фланцевых стыков. Установлены величины отклонений усилий затяжки в элементах резьбовых соединений, которые в зависимости от порядка их сборки и жесткостных характеристик стыка достигают 80%. Показано, что равномерность затяжки может быть обеспечена расчетным количеством обходов с одинаковым усилием, либо при одном обходе - затяжкой с различным для каждого болта усилием.

7. Рекомендована методика расчета усилия затяжки резьбового соединения с учетом погрешности контроля затяжки, ее неравномерности в процессе сборки и стабильности при эксплуатации, а также заданной безопасности. При этом коэффициент затяжки рекомендуется назначать дифференцированно, как произведение соответствующих коэффициентов.

Установленные в процессе исследований значения коэффициентов неравномерности затяжки $K_н$ и погрешности затяжки $K_п$ в зависимости от конструктивных особенностей резьбовых соединений, способа их сборки и метода контроля приведены в таблицах.

8. Даны рекомендации по выбору конструкций резьбовых соединений, направленные на снижение погрешности усилий затяжки при их сборке. Даны рекомендации по выбору, совершенствованию и применению средств сборки и методов контроля усилия затяжки резьбовых соединений.

9. Результаты исследований использованы непосредственно при сборке ответственных резьбовых соединений на монтаже технологического оборудования Череповецкого металлургического завода, Полоцкого химкомбината и нефтеперерабатывающего завода, Коксогазового завода в г.Видное, Московского и Ферганского нефтеперерабатывающих заводов и ряда других объектов,а также при разработке "Инструкции по креплению технологического оборудования фундаментными болтами" СН 471-75 и первой редакции "Руководства по затяжке резьбовых соединений при монтаже оборудования". Экономическая

эффективность от внедрения указанных разработок составляет 200 тысяч рублей в год.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

I. Григорьев Л.А. Контроль усилия предварительной затяжки резьб большого диаметра. В кн.:Монтажные работы в строительстве. Труды ВНИИмонтажспецстроя. Вып.XП.М.,I974.

2. Дроздов Н.А.,Григорьев Л.А. Затяжка резьбовых соединений большого диаметра. - "Вестник машиностроения", I973, № II.

3. Григорьев Л.А. Определение величины усилия затяжки в резьбовых соединениях большого диаметра при контроле по удлинению. В кн.:Монтажные работы в строительстве. Труды ВНИИмонтажспецстроя. Вып.XI.М.,I974.

4. Григорьев Л.А.,Дроздов Н.А.,Елагин В.Н. Устройство для определения усилия затяжки резьбового соединения большого диаметра. А.С. № 479972 - Бюллетень "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки",I975, № 29.

5. Дроздов Н.А.,Григорьев Л.А. Определение величины усилия затяжки в резьбовых соединениях.Изв.вузов."Машиностроение", I975, № 5.

6. Григорьев Л.А.,Алексеенко П.П. Определение коэффициента падения затяжки при сборке резьбовых соединений предварительной вытяжкой.В кн."Монтажные работы в строительстве. Труды ВНИИмонтажспецстроя.Вып.XУ.М.,I975.

7. Григорьев Л.А.,Тингаев В.Г. Некоторые особенности работы гидравлических ключей при сборке резьбовых соединений. Реф.инф.,ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, серия I,вып.I0(I34) М.,I976.

8. Григорьев Л.А.,Савенков В.Н. Затяжка резьбовых соединений фланцевого стыка. Труды ВНИИмонтажспецстроя. Вып.I9.М.,I976.

9. Григорьев Л.А.,Алексеенко П.П.Неравномерность усилий затяжки в групповых соединениях полосового стыка.Труды ВНИИмонтажспецстроя.Вып.I9,М.,I976.

Всего по теме диссертации опубликовано I5 работ.

Объем I п.л.Л 80380.Тираж I00 экз. Зак.№ 3220

Москва,III14I,2-ой проезд Перова поля,9.ВНИИмонтажспецстрой