М282871

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования

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

АЛЕКСЕЕНКО Павел Пантелеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И МЕТОДОВ РАСЧЕТА РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МАШИН С ФУНДАМЕНТАМИ

(05.02.02 - Машиноведение и детали машин)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1976

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана и Всесоюзном научно-исследовательском институте по монтажным и специальным строительным работам.

Научный руководитель - заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор - РЕШЕТОВ Д.Н.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор - ИОСИЛЕВИЧ Г.Б.

кандидат технических наук, старший научный сотрудник - БОЛТУХОВ А.А.

Ведущее предприятие - ЦПКБ Главтехмонтажа Минмонтажспецстроя СССР.

Автореферат разослан " " _____ 1976 г.

Защита состоится " " _____ 1976 г.

На заседании Совета Конструкторско-механического факультета
ча, 107005, 2-я Бауман-

экз., заверенные
му адресу.

ся в библиотеке

КОЛОБОВ Л.Н.

М282871

105554 от 5/1-1976г.

Узел соединения машин с их фундаментами является одним из видов резьбовых соединений, широко распространенных в технике. В нашей стране ежегодно применяют около 30 млн.фундаментных болтов с резьбой от М8 до М220. Условия закрепления машин на фундаментах оказывают существенное влияние на их работоспособность, поэтому непрерывно повышающиеся требования к качеству, надежности и долговечности машин связаны с совершенствованием конструкций и методов расчета их соединений с фундаментами. Качеством закрепления определяется стабильность положения машин при эксплуатации, параметры их вибрации и жесткость несущих систем. От способов установки и закрепления машин во многом зависят темпы и стоимость монтажных работ.

Несоответствие существующих конструкций соединений и предъявляемых к ним требований объясняется отсутствием инженерных методов расчета и данных об их работоспособности.

Актуальность проблемы совершенствования конструкций и методов расчета резьбовых соединений машин с фундаментами обусловила выбор темы настоящей работы.

Цель исследований. Основной целью исследований явилось изучение особенностей работы, совершенствование конструкции и методов расчета элементов затянутых резьбовых соединений машин с фундаментами.

Методы исследований. Изучение совместной работы фундаментных болтов, опор машины и фундамента проводилось методами теории упругости. Жесткостные характеристики фундаментных болтов и опорных элементов получены путем решения контактных задач с использованием БЭСМ-4М и с последующей экспериментальной проверкой. Стабильность затяжки и работоспособность соединений изучались опытным путем на натурных образцах.

Научная новизна. Изучено взаимодействие фундаментных болтов, опор машины и фундамента. Исследованы особенности работы соединений различной конструкции при длительных, повторно-статических и переменных нагрузках. Решен ряд задач о действии сосредоточенных и распределенных нагрузок, приложенных внутри массива фундамента. Получены зависимости для расчета компонентов напряженно-деформированного состояния фундамента в зоне расположения элементов соединения. Аналитически определена жесткость элементов соединения.

М 282 871

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана
1282871
Алексеенко Н.П. Исследова

Практическое приложение. Проведенные исследования позволили усовершенствовать методы расчета резьбовых соединений машин с фундаментами, определить их работоспособность, а также разработать ряд новых конструкций фундаментных болтов и методов установки машин на фундамент.

Полученные результаты позволили разработать комплекс нормативных документов, способствующих совершенствованию конструкций и методов расчета резьбовых соединений машин с фундаментами (см.стр.15).

Апробация работы. Результаты работы доложены и одобрены на заседаниях научно-технических советов Госстроя СССР и Министерства монтажных и специальных строительных работ СССР, семинарах ВДНХ СССР, научно-технических конференциях и НТС ВНИИмонтажспецстроя, на кафедре "Детали машин" МВТУ им.Баумана.

Результаты исследований успешно внедрены при монтаже оборудования автозавода им.Ленинского комсомола, Магнитогорского и Череповецкого металлургических комбинатов, Волжского трубного завода и многих других промышленных объектов.

Объем работы. Рукопись диссертации состоит из 129 страниц текста, 5 таблиц, 70 рисунков. Список литературы включает 113 наименований. Работа состоит из введения, шести глав, общих выводов и списка литературы.

Первая глава диссертации посвящена классификации существующих конструкций соединений машин с фундаментами, анализу состояния вопроса и постановке задач исследования.

Конструкция соединений машин с фундаментами определяется типом фундаментных болтов и опор, размещенных в стыке "корпусная деталь-фундамент". На практике встречаются стыки с местным, смешанным и сплошным контактом. Применяют пять основных типов фундаментных болтов, отличающихся механизмом взаимодействия с фундаментом и спецификой работы при эксплуатации.

Существующие исследования элементов резьбовых соединений машин с фундаментами можно разделить на три основных направления. Исследования первого направления посвящены изучению прочности анкеровки фундаментных болтов в бетоне. Эти исследования выполнены в отрыве от рассмотрения совместной работы всего соединения. Работы второго направления посвящены определению

МВТУ им. Н. Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

жесткостных характеристик стыков и опорных элементов некоторых типов. Они проводились в ЭНИМСе под руководством проф., д.т.н. Д.Н.Решетова. Работы третьего направления посвящены расчетам групповых соединений фундаментными болтами. Практическое применение последних работ ограничено тем, что в них рассматривается только один тип стыка - со сплошным контактом.

Недостаточная изученность вопроса приводит к тому, что расчет фундаментных болтов на практике носит условный характер: действие усилия затяжки не учитывается, допускаемые напряжения назначают с большими запасами, расчет на усталость не производят, глубину заложения болтов назначают завышенной, а при выборе конструкций соединений не учитывается их работоспособность.

На основе анализа требований к узлу соединения машин с фундаментами намечены основные задачи исследований:

- изучить взаимодействие фундаментных болтов и опорных элементов в их совместной работе с фундаментами;
- определить жесткостные характеристики элементов соединения;
- изучить влияние конструктивных особенностей фундаментных болтов и опорных элементов на работоспособность соединений;
- выявить наиболее работоспособные конструкции фундаментных болтов с целью их стандартизации, дать рекомендации по выбору, расчету и монтажу соединений машин с фундаментами.

<u>Во второй главе</u> диссертации на основе теоретического анализа напряженно-деформированного состояния фундамента изучено взаимодействие фундаментных болтов и опорных элементов. Напряженно-деформированное состояние фундамента в затянутом соединении (при отсутствии внешней нагрузки) можно определить, решив задачу о действии сосредоточенной силы, приложенной внутри упругого полупространства, граница которого не имеет возможности деформироваться, что соответствует случаю сплошного опирания абсолютно жесткой плиты. Такая задача решена методом суперпозиции с использованием законов симметрии упругого тела. Зависимости для напряжений и перемещений имеют вид:

$$\sigma_x = \frac{P}{8\pi(1-\mu)}\left[-\frac{(1-2\mu)(z-H)}{R_1^3}+\frac{(1-2\mu)(z+H)}{R_2^3}+\frac{3x^2(z-H)}{R_1^5}-\frac{3x^2(z+H)}{R_2^5}\right]+\frac{Q}{8\pi(1-\mu)}\left[-\frac{(1-2\mu)x}{R_1^3}\frac{(1-2\mu)x}{R_2^3}-\frac{3x^3}{R_1^5}-\frac{3x^3}{R_2^5}\right];$$

$$\sigma_y = \frac{P}{8\pi(1-\mu)}\left[-\frac{(1-2\mu)(z-H)}{R_1^3}+\frac{(1-2\mu)(z+H)}{R_2^3}+\frac{3y^2(z-H)}{R_1^5}-\frac{3y^2(z+H)}{R_2^5}\right]+\frac{Q}{8\pi(1-\mu)}\left[\frac{(1-2\mu)x}{R_1^3}+\frac{(1-2\mu)x}{R_2^3}-\frac{3y^2x}{R_1^5}-\frac{3y^2x}{R_2^5}\right];$$

$$\sigma_z = \frac{P}{8\pi(1-\mu)}\left[\frac{(1-2\mu)(z-H)}{R_1^3}+\frac{3(z-H)^3}{R_1^5}-\frac{(1-2\mu)(z+H)}{R_2^3}-\frac{3(z+H)^3}{R_2^5}\right]+\frac{Q}{8\pi(1-\mu)}\left[\frac{(1-2\mu)x}{R_1^3}+\frac{(1-2\mu)x}{R_2^3}-\frac{3(z-H)^2x}{R_1^5}-\frac{3(z+H)^2x}{R_2^5}\right];$$

$$U = \frac{P}{16\pi G(1-\mu)}\left[-\frac{(z-H)x}{R_1^3}+\frac{(z+H)x}{R_2^3}\right]+\frac{Q}{16\pi G(1-\mu)}\left[\frac{3-4\mu}{R_1}+\frac{3-4\mu}{R_2}+\frac{x^2}{R_1^3}+\frac{x^2}{R_2^3}\right]; \qquad (I)$$

$$V = \frac{P}{16\pi G(1-\mu)}\left[-\frac{(z-H)y}{R_1^3}+\frac{(z+H)y}{R_2^3}\right]+\frac{Q}{16\pi G(1-\mu)}\left[\frac{xy}{R_1^3}+\frac{xy}{R_2^3}\right];$$

$$W = \frac{P}{16\pi G(1-\mu)}\left[-\frac{(3-4\mu)}{R_1}+\frac{(z-H)^2}{R_1^3}+\frac{3-4\mu}{R_2}-\frac{(z+H)^2}{R_2^3}\right]+\frac{Q}{16\pi G(1-\mu)}\left[\frac{(z-H)x}{R_1^3}+\frac{(z+H)x}{R_2^3}\right],$$

где P и Q соответственно осевая и радиальная нагрузка;
μ - коэффициент Пуассона; G - модуль сдвига, $G=\frac{E}{2(1-\mu)}$;
E - модуль упругости; $R_1=\sqrt{x^2+y^2+(z-H)^2}$; $R_2=\sqrt{x^2+y^2+(z+H)^2}$.

При действии внешней нагрузки на болт после раскрытия стыка напряжения на поверхности фундамента отсутствуют. В этом случае для определения компонентов напряженно-деформированного состояния использовано решение Миндлина о действии сосредоточенной силы, приложенной внутри упругого полупространства, граница которого свободна от напряжений. Кроме того, в работе получены решения о действии сосредоточенной нагрузки, приложенной внутри упругого четверть пространства, что соответствует случаю приближения болта к краю фундамента. Выражения для компонентов напряженно-деформированного состояния здесь не приведены ввиду их громоздкости.

В этой же главе рассмотрены осесимметричные случаи действия нагрузки, распределенной по поверхности анкерующих устройств. Зависимости для напряжений и перемещений выражены через обобщенные аналитические функции комплексного переменного $\Phi(z+iz; z-iz)$ и $\Psi(z+iz; z-iz)$. Вид функций Φ и Ψ зависит от характера нагрузок и граничных условий. При отсутствии смещений на граничной поверхности полученные функции Φ и Ψ имеют вид:

а) для нагрузки, равномерно распределенной по окружности,

$$\varphi = \frac{z_0 p}{4\pi(1-\mu)}\left[\theta-\theta_1\right] + \frac{Q}{8\pi(1-\mu)}\left[\Xi+\Xi_1\right];$$

$$\psi = -\frac{z_0 p}{4\pi(1-\mu)}\left[(3-4\mu)(\theta-\theta_1)+2z_0(\theta'+\theta_1')\right] + \frac{Q}{8\pi(1-\mu)}\left[(3-4\mu)(\Xi+\Xi_1)-\right. \quad (2а)$$
$$\left. -2z_0(\Xi'-\Xi_1')\right];$$

б) для нагрузки, распределенной по кольцу или по кругу,

$$\varphi = \left\{\frac{p}{8\pi(1-\mu)}\left[V-V_1\right] + \frac{Q_0}{4\pi(1-\mu)}\left[X-X_1\right]\right\}\Big|_{z_{01}}^{z_{02}};$$

$$\psi = \left\{-\frac{p}{8\pi(1-\mu)}\left[(3-4\mu)(V-V_1)+2z_0(\Xi+\Xi_1)\right] + \frac{Q_0}{8\pi(1-\mu)}\left[(3-4\mu)(X+X_1)-\right.\right.$$
$$\left.\left. -4z_0(V-V_1-z_0^2\theta+z_0^2\theta_1)\right]\right\}\Big|_{z_{01}}^{z_{02}}; \quad (2б)$$

в) для нагрузки, распределенной по цилиндрической поверхности, $\varphi = \left\{\frac{z_0 p}{4\pi(1-\mu)}\left[-\Lambda-\Lambda_1\right] + \frac{Q}{8\pi(1-\mu)}\left[-V+V_1\right]\right\}\Big|_{z_{01}}^{z_{02}};$

$$\psi = \left\{\frac{z_0 p}{4\pi(1-\mu)}\left[(3-4\mu)(\Lambda+\Lambda_1)-2z_0(\theta-\theta_1)+2(\Lambda+\Lambda_1)\right]+\right.$$
$$\left. + \frac{Q}{8\pi(1-\mu)}\left[(3-4\mu)(-V+V_1)+2z_0(\Xi+\Xi_1)+2(V-V_1)\right]\right\}\Big|_{z_{01}}^{z_{02}}, \quad (2в)$$

где $z_{01}, z_{02}, z_{02}, z_{01}$ - координаты границ площадки загружения,

$\theta, \Xi, V, \Lambda, X$ - известные обобщенные функции.

Для других случаев действия распределенных нагрузок в диссертации получены алгоритмы расчета напряжений и перемещений.

Полученные решения позволили с помощью ЭВМ построить картины напряженно-деформированного состояния массива фундамента в зоне расположения фундаментных болтов и опорных элементов различных типов. На рис.I в качестве примера показаны лишь некоторые результаты. Анализ полученных результатов позволяет сделать ряд важных выводов:

- действие усилия затяжки и применение креплений разжимного типа способствует развитию зоны сжатого материала вблизи болта, что повышает прочность его анкеровки;

- часть фундамента при расчете податливости элементов соединения следует относить к системе болта, а часть - к стягиваемым деталям. Расчет податливости элементов соединения можно производить без учета взаимодействия опорных элементов и фундаментных болтов;

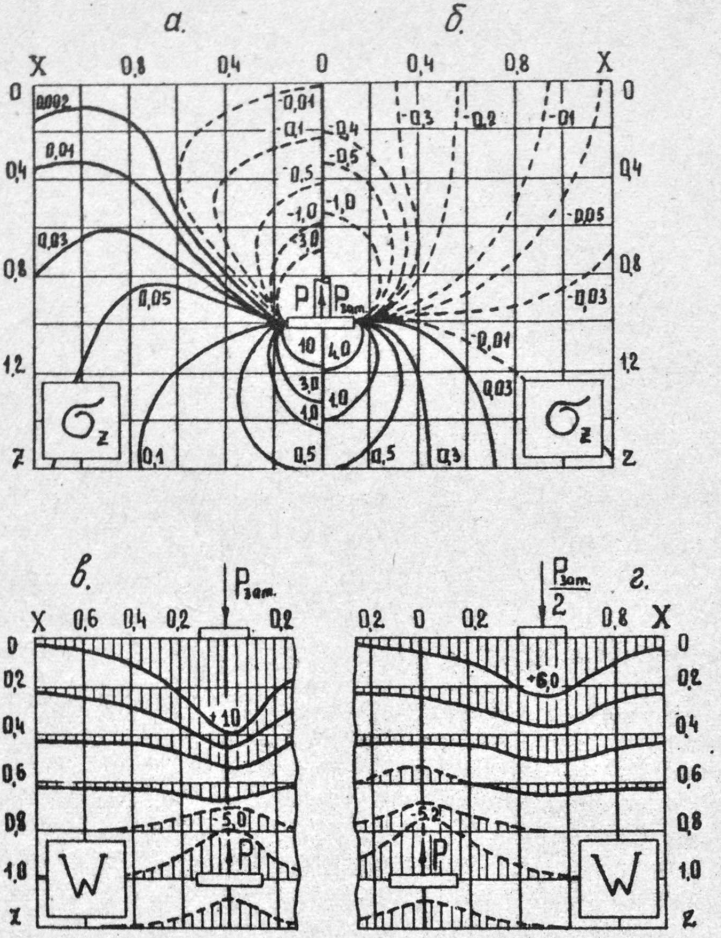


Рис.I. Линии равных напряжений σ_z и эпюры вертикальных перемещений $W \cdot 10^{-6}$ см/кГс в зоне анкерного болта: а - при раскрытии стыка; б,в,г-в затянутом соединении.

- напряженное состояние фундамента изменяется при приближении болта к его краю на расстояние меньше IO диаметров.

Третья глава диссертации посвящена аналитическому определению податливости различных типов фундаментных болтов и опорных элементов. Податливость анкеровки болтов определяется вертикальными перемещениями W анкерующих устройств под действием приложенной к болту единичной выдергивающей нагрузки. Из условия равновесия и совместности деформации анкерной плиты с массивом фундамента получена система интегральных уравнений:

$$W(z,z) = \iint_S \left[P(z_o,z) W^o(z,z,z_o,z_o) + Q(z,z) W^o(z,z,z_o,z_o) \right] dS ; \qquad (3а)$$

$$\iint_S P(z_o,z) = P . \qquad (3б)$$

Интегральное уравнение (3а) является сингулярным, и его аналитическое решение затруднено. С переходом к системе алгебраических уравнений задача решена численными методами с использованием ЭВМ. Выражение для вертикальных перемещений плиты представлено в виде зависимости:

$$W = \bar{W} \frac{(1-\mu^2)P}{E_o a} , \qquad (4)$$

где a - радиус анкерной плиты, $\bar{W}$ - безразмерный коэффициент податливости, значения которого зависят от величины относительного заглубления $\frac{H}{a}$, формы анкерной плиты и расположения болта относительно края фундамента.

Аналогичным образом определена податливость анкеровки болтов при их приближении к краю фундамента, а также для болтов с квадратными анкерными плитами и различного типа.

Зависимости для расчета жесткости анкеровки залитых фундаментных болтов получены путем решения дифференциального уравнения, составленного из условия равновесия элементарного участка стержня болта, имеющего сцепление с бетоном.

В работе также получены формулы для расчета податливости широко распространенных опор в виде пакетов подкладок и бетонных подушек.

Четвертая глава диссертации посвящена комплексу экспериментальных исследований жесткости основных элементов узла соединения машин с фундаментами: фундаментных болтов и опорных элементов. Исследования проводились с целью проверки и уточнения полученных теоретических результатов.

В процессе экспериментов были изучены жесткостные характеристики анкерных болтов. По результатам опытов расчитаны значения безразмерного коэффициента податливости $\bar{W}$ в зависимости от относительного заглубления болта, его удаления от края фундамента, а также от формы анкерной плиты. На рис.2а представлено сравнение экспериментальных и теоретических данных. Заштрихован 95%-ный интервал математического ожидания коэффициента $\bar{W}$. Теоретические результаты полностью отражают влияние масштабного фактора, геометрических размеров анкерующих устройств и механических характеристик материала фундамента.

Отдельные результаты экспериментальных исследований жесткости залитых фундаментных болтов представлены на рис.2б как отношение податливости залитого болта λ к податливости свободного стержня той же длины λ_0. Здесь же представлена теоретическая кривая. Податливость залитых фундаментных болтов, имеющих сцепление с бетоном, в несколько раз меньше податливости свободного стержня. Рабочую нагрузку воспринимает участок болта длиной $(14 \div 16)d$. В упрощенных расчетах податливости залитых болтов, при глубине заложения $h \geq 16d$, можно считать их условно свободными на участке длиной десять диаметров, а остальную часть стержня не учитывать.

Результаты экспериментальных исследований жесткости заделки самоанкерующихся болтов подтвердили характер теоретических зависимостей и позволили установить величину коэффициента податливости $\bar{W}$ в зависимости от величины относительного заглубления $\frac{h}{d}$ (рис.2в). Податливость анкеровки составляет 30-40% от податливости стержня, поэтому ее необходимо учитывать при расчетах. Опыты показали, что для получения линейной характеристики жесткости самоанкерующихся болтов, необходимо ограничивать их распор и назначать конусность в пределах $5^0 \div 7^0$, как это сделано в наших конструкциях.

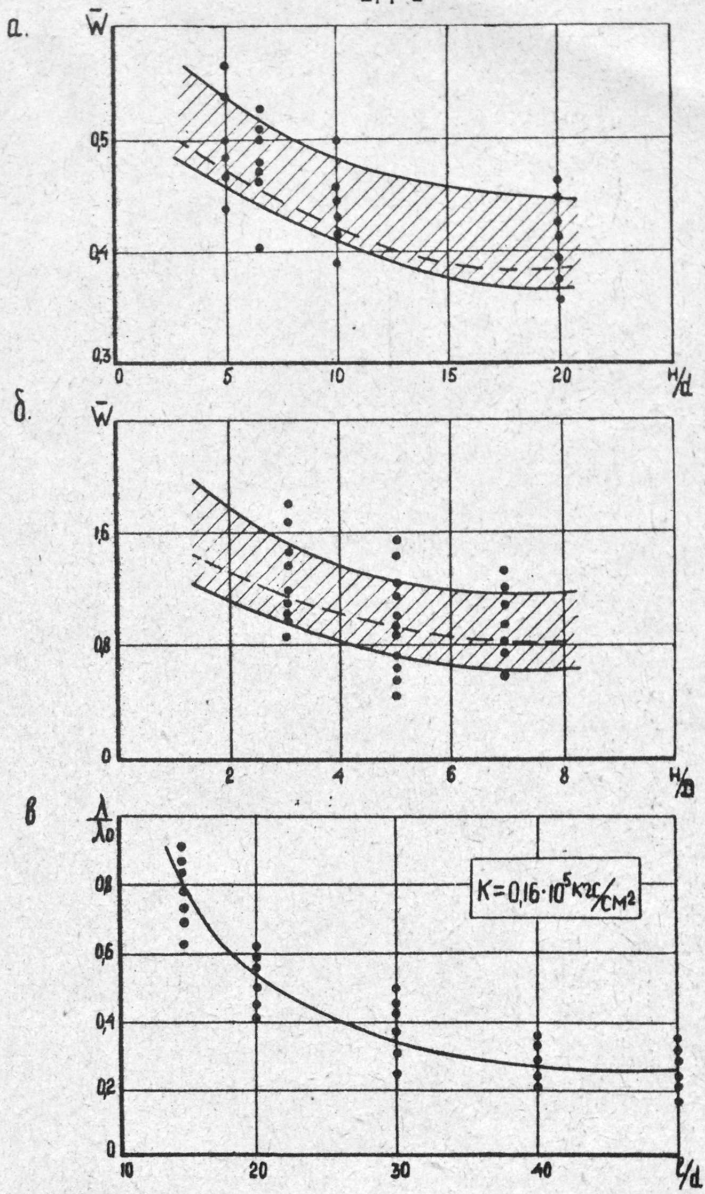


Рис.2. Характеристики податливости заделки анкерных (а), залитых (в), самоанкерующихся (б) фундаментных болтов в зависимости от величины относительного заглубления.

Сравнение теоретических данных и результатов экспериментальных исследований жесткости опорных элементов также показало их хорошее совпадение.

Таким образом, были установлены характеристики податливости основных типов фундаментных болтов и опорных элементов.

Пятая глава диссертации посвящена экспериментальному изучению работоспособности и особенностей работы узлов соединений различных конструкций.

Опыты проводились для соединений с анкерными, залитыми и самоанкерующимися фундаментными болтами при их работе с основными типами опорных элементов. В экспериментах изучался характер приращения нагрузки в болтах затянутого соединения, стабильность усилия затяжки при длительных и повторных статических нагружениях, при переменной нагрузке и вибрационных воздействиях. На рис.3 показаны некоторые результаты.

В результате испытаний были установлены важнейшие характеристики работоспособности узлов соединений машин с фундаментами: коэффициенты основной нагрузки и стабильность усилия предварительной затяжки. Сравнение результатов статистической обработки непосредственных замеров приращений нагрузки в затянутых соединениях и данных, полученных расчетным путем, показало их совпадение. Исследования позволили изучить влияние различных факторов на стабильность затяжки узлов соединений машин с фундаментом и величину коэффициента основной нагрузки.

Шестая глава диссертации посвящена обобщению результатов исследований и рассмотрению их практического применения. Даны рекомендации и критерии расчета затянутых резьбовых соединений машин с фундаментами, в том числе изучена работа затянутых групповых соединений при местном и смешанном опирании машин на фундамент. Показано, что проведенные исследования позволяют уточнить значения коэффициента затяжки К, который может быть рассчитан как произведение коэффициента стабильности затяжки $К_{ст}$ и коэффициента безопасности $К_{б}$. В работе приведены рекомендуемые для технических расчетов значения коэффициентов стабильности затяжки и коэффициентов основной нагрузки.

На основе исследований разработан ряд новых конструкций креплений и способов установки машин на фундамент, предусмотрен комплекс монтажных мероприятий по обеспечению работоспособности соединений при эксплуатации.

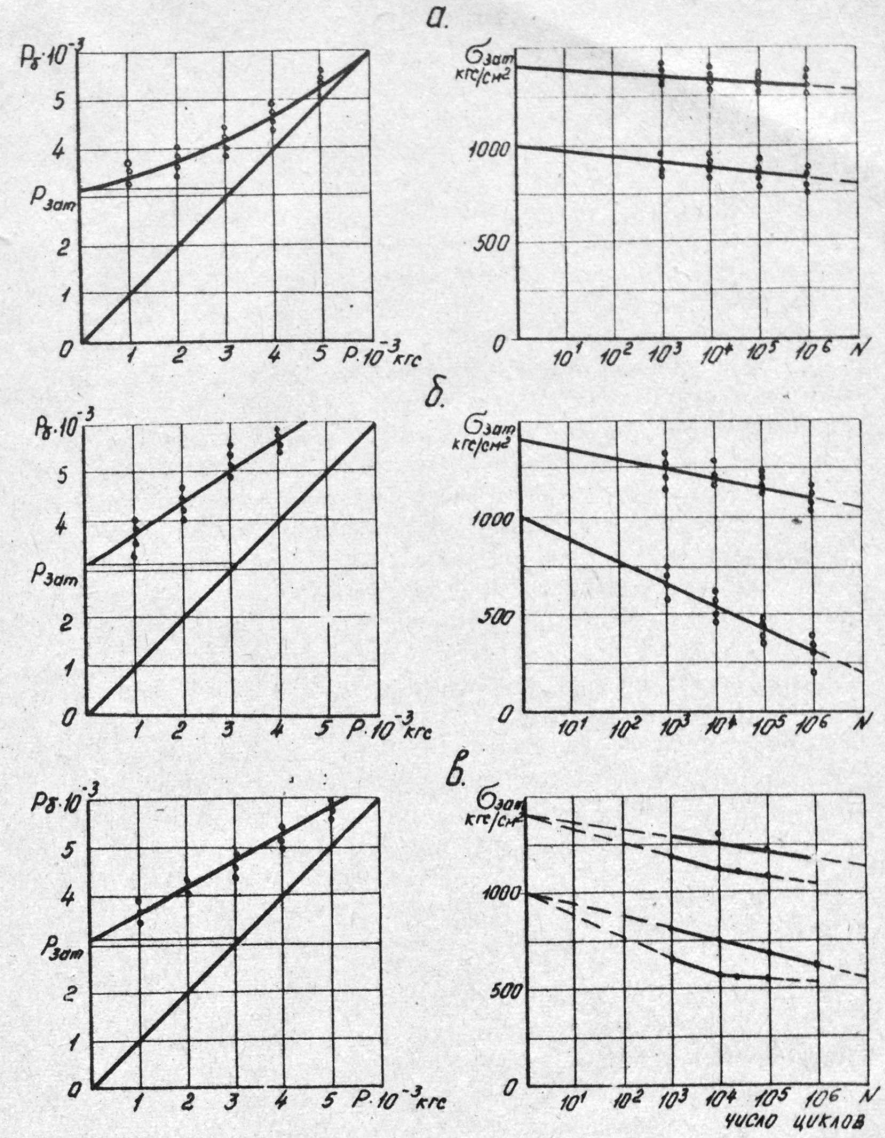


Рис.3. Характер приращения нагрузки и падения усилия затяжки в соединениях с анкерными (а), залитыми (б) и самоанкерующимися болтами (в) при опирании плиты на подкладки.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. В результате проведенных исследований изучена совместная работа фундаментных болтов, опор машины и массива фундамента как элементов затянутого резьбового соединения.

2. Получены теоретические зависимости для определения компонентов напряженно-деформированного состояния массива фундамента при его взаимодействии с элементами затянутого соединения на различных стадиях нагружения. Установлено, что повышение усилия затяжки в стыке и применение разжимных креплений улучшает прочностные характеристики анкеровки фундаментных болтов.

3. Путем анализа напряженно-деформированного состояния массива фундамента установлено, что в расчетах податливости элементов соединения часть фундамента следует относить к системе болта, а часть - к системе стягиваемых деталей.

4. Получен алгоритм расчета и теоретические зависимости для определения жесткости основных типов фундаментных болтов и опорных элементов с учетом влияния их расположения в массиве фундамента и конструктивных особенностей.

Опыты и статистическая обработка их результатов подтвердили результаты теоретических исследований.

5. Установлено, что податливость заделки анкерных болтов достигает 35%, а податливость заделки самоанкерующихся болтов - 45% от податливости стержня болта. Податливость залитых болтов составляет 60÷80% от податливости свободного стержня той же длины. В связи с этим при расчетах податливости необходимо учитывать и податливость анкеровки фундаментных болтов.

6. Изучена работа соединений анкерными залитыми и самоанкерующимися болтами при установке машин на пакеты подкладок, бетонную подливку, непосредственно на фундамент и на бетонные подушки. Опытные значения коэффициента основной нагрузки хорошо согласуются с аналитическими результатами.

7. Исследовано влияние конструктивных особенностей фундаментных болтов и опорных элементов на стабильность усилия затяжки узла соединения машин с фундаментами при длительных статических, повторных статических и переменных нагрузках. Введено понятие коэффициента стабильности затяжки узла соединения и изучено влияние различных факторов на его величину.

8. В результате исследований даны рекомендации по выбору и совершенствованию конструкций фундаментных болтов и опорных элементов, по расчету затянутых соединений машин с фундаментами (в том числе и групповых). Предложен ряд новых конструкций фундаментных болтов и способов установки машин на фундамент.

9. Разработан комплекс нормативных документов, способствующих совершенствованию конструкций и методов расчета резьбовых соединений машин с фундаментами:

- "Указания по бесподкладочному монтажу оборудования металлургической промышленности", МСН 264-71, М., 1971;
- 22 отраслевых стандарта на фундаментные болты для тяжелого, химического и нефтяного машиностроения;
- общесоюзная "Инструкция по креплению технологического оборудования фундаментными болтами", СН-471-75, М., 1976;
- первая и вторая редакции межведомственной "Инструкции по установке оборудования на фундамент".

Экономическая эффективность от планируемого объема внедрения указанных разработок достигает 40 млн.рублей в год.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Алексеенко П.П., Коваль В.К. Соединение оборудования с фундаментом анкерными болтами. М., ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1970.

2. Коваль В.К., Алексеенко П.П. Влияние динамического воздействия на стабильность связи оборудования с фундаментом. В кн. "Монтажные работы в строительстве". Труды ВНИИМонтажспецстроя. Вып. У. М., 1971.

3. Алексеенко П.П., Иванов Ю.И. Закрепление оборудования на фундаменте самоанкерующимися болтами. "Монтаж оборудования и трубопроводов", 1973, № 7.

4. Алексеенко П.П., Коваль В.К. Приспособление для выверки и закрепления оборудования. А.с. № 386065 "Открытия, изобретения, товарные знаки". 1973, № 26.

5. Алексеенко П.П. и др. Рекомендации по применению самоанкерующихся болтов и дюбелей для крепления оборудования к фундаментам. М., ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, I974 .

6. Алексеенко П.П. Напряженно-деформированное состояние в зоне фундаментных болтов при различных способах установки оборудования. В кн. "Монтажные работы в строительстве". Труды ВНИИМонтажспецстроя. Вып. XI. М.,1974.

7. Алексеенко П.П. и др. Исследование и совершенствование способов закрепления оборудования на фундаментах. В кн. "Монтажные работы в строительстве". Труды ВНИИМонтажспецстроя. Вып. XII. М., 1974.

8. Алексеенко П.П. Аналитическое определение жесткости фундаментных болтов. В кн. "Монтажные работы в строительстве". Труды ВНИИМонтажспецстроя. Вып. XIII. М., I974.

9. Алексеенко П.П. Анкерный болт. А.с. № 426076. "Открытия, изобретения, товарные знаки". I974, № I6.

I0. Алексеенко П.П. Фундаментный болт. А.с. № 495422. "Открытия, изобретения, товарные знаки" I976, № 46.

Всего по теме диссертации опубликовано 42 работы.