

31

ЦЧС

84/18

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
Днепропетровский институт
инженеров железнодорожного транспорта
имени М. И. Калинина

На правах рукописи

ИЛЬИЧЕВ Николай Алексеевич

**РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ
КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ
МЕТОДОМ НЕПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ**

Специальность 01.02.03 — строительная механика

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск 1979

**НТБ
ДНУЖТ**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность

Основными направлениями развития народного хозяйства СССР, намеченными в решениях XXV съезда КПСС, предусматривается создание долговечных и надежных в эксплуатации машин и механизмов.

Срок службы любой машины определяется состоянием ее узлов и деталей, имеющих обычно сложную конфигурацию. При механическом нагружении таких деталей в местах резкого изменения их формы за счет различного рода вырезов, отверстий, полостей и т. п. возникает концентрация напряжений.

Концентрация напряжений — один из основных факторов, влияющих на прочность и долговечность конструкций. Снижение местных напряжений в наиболее нагруженных элементах машин и сооружений увеличивает срок их эксплуатации, повышает качество и надежность. Поэтому проектирование и создание деталей с наименьшей концентрацией напряжений имеет первостепенное значение и является одной из важнейших народнохозяйственных задач.

Теоретический анализ концентрации напряжений осложняется большими трудностями математического и вычислительного характера, вследствие чего большинство классических работ по концентрации напряжений, выполненных методами теории упругости, относится к бесконечно протяженным упругим телам. В реальной инженерной практике приходится иметь дело с телами ограниченных размеров. Сравнительно мало задач в этом случае доведено до числовых результатов, причем решения задач для конечных областей, как правило, даны в такой форме, что практическая их реализация чрезвычайно затруднительна. Необходимо отметить также, что существующими решениями определяются в основном напряжения вблизи одиночного концентратора. В то же время детали машин нередко ослаблены несколькими близко расположенными отверстиями и вырезами, наличие которых может

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
Імені академіка В. Лазаряна

68/02

увеличить местные напряжения, а в других — уменьшить их. Практически важные вопросы о суммарной концентрации напряжений, вызванной взаимодействием различных концентраторов, изучены недостаточно. Имеющиеся сведения по оценке напряженных состояний в подобных случаях часто не совпадают, а порой противоречивы.

Из сказанного следует, что необходимо дальнейшее теоретическое и экспериментальное изучение местных напряжений в телах конечных размеров, ослабленных отдельными концентраторами или их сочетаниями.

В указанном направлении проводятся основные исследования в реферируемой работе, в связи с чем избранная тема диссертации представляет определенный практический интерес и является актуальной.

Цель работы. Целью работы является:

- анализ концентрации напряжений в ослабленных сечениях пластин и кривых брусьев с различными вырезами;
- теоретическое и экспериментальное изучение распределения напряжений в опасных сечениях пластин с паложенными концентраторами;
- исследование концентрации напряжений в цилиндрическом стержне конечного радиуса с внутренней полостью.

Научная новизна. Определен круг концентрационных задач, объединенных общей расчетной схемой. Для этой расчетной схемы предложен вид неплоских сечений и построена методика расчета напряжений в пластинках с паложенными концентраторами, распространенная на следующие задачи:

- растяжение пластины, ослабленной отверстием с дополнительными равными вырезами на его контуре в зоне максимальной концентрации напряжений;
- растяжение пластины с двухсторонними симметричными двойными надрезами;
- растяжение пластины с односторонним двойным надрезом;
- изгиб пластины с двухсторонними симметричными двойными надрезами;
- изгиб пластины с односторонним двойным надрезом.

Во всех перечисленных задачах вырезы могут иметь произвольные глубину и радиус.

Получено приближенное теоретическое решение для определения напряжений в опасном сечении кривого бруса с односторонними и двухсторонними вырезами различных параметров.

Изучено распределение напряжений в опасном сечении кругового стержня конечного радиуса с эллипсоидальной внутренней полостью на оси стержня.

Выполнено экспериментальное исследование концентрации напряжений в цилиндрическом стержне со сферической полостью с применением электротензометрического метода измерения деформаций.

Практическая ценность. В результате выполненных исследований получены простые аналитические выражения и расчетные формулы, которые могут быть рекомендованы к использованию научно-исследовательским и проектным организациям, занимающимся вопросами прочности деталей и элементов конструкций с различными концентраторами напряжений.

Внедрение результатов. Предложенная в работе методика расчета пластин с наложенными концентраторами используется в расчетах на прочность при проектировании конструкций, разрабатываемых в КБ Горьковского машиностроительного завода имени Воробьева.

Теоретические зависимости для определения напряжений в пластинах с различными вырезами нашли применение в проверочных расчетах концентрации напряжений в лопатках и дисках газотурбинного двигателя на Горьковском автомобильном заводе.

Отдельные результаты исследований по анализу концентрации напряжений в кривых брусках с вырезами и в пластинах с наложенными концентраторами были внедрены в расчетную практику конструкторских бюро Волжского автомобильного завода.

Апробация работы и публикации. Основные положения работы и отдельные результаты докладывались и обсуждались на:

— межвузовской научно-технической конференции «Определение напряжений и перемещений в элементах конструкций сложной формы на основе гипотезы неплоских сечений», Горький, 1972;

— конференции по повреждениям и эксплуатационной надежности судовых конструкций, Владивосток, 1972;

— 7-м симпозиуме по новым расчетам на прочность и жесткость, Николаев, 1972;

— VI Дальневосточной научно-технической конференции по повреждениям и эксплуатационной надежности судовых конструкций, Владивосток, 1975;

— XXII научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава Горьковского института инженеров водного транспорта, Горький, 1979;

— научных семинарах кафедры «Сопrotивление материалов» Горьковского политехнического института.

Основное содержание диссертации опубликовано в 9 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация, состоящая из введения, пяти глав и заключения, изложена на 117 страницах машинописного текста, содержит 14 таблиц, 33 рисунка и список использованной литературы, включающий 128 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается постановка задач и указываются цели и метод исследования.

Отмечается, что технический прогресс в нашей стране, намеченный XXV съездом КПСС, неразрывно связан с развитием методов расчета элементов конструкций и машин. Существующие аналитические методы позволяют получить решения для тел неограниченных размеров и сравнительно простой конфигурации. Определение напряжений в реальных элементах сложной формы, ослабленных отдельными концентраторами или их сочетаниями, весьма затруднительно, и большая роль в инженерных расчетах таких элементов принадлежит приближенным методам, позволяющим с достаточной для практических целей точностью решать большой круг инженерных задач. Один из таких методов, основанный на гипотезе неплоских сечений профессора А. В. Верховского, и применяется в реферируемой работе при теоретическом исследовании поставленных задач.

В первой главе дается обзор работ по концентрации напряжений. Указывается, что вопросам концентрации напряжений посвящено большое количество как теоретических, так и экспериментальных работ отечественных и зарубежных авторов. Кратко анализируются существующие методы исследования концентрации напряжений. Точные методы исследования задач в классической теории упругости обычно основываются на решениях однородных уравнений равновесия с помощью гармонических и бигармонических функций напряжений. Существенное развитие теоретических исследований плоских задач теории упругости связано с применением методов, разработанных Н. И. Мухомедовичем и основанных на возможности построения в простой аналитической форме функций, реализующих точно или приближенно конформное отображение данной области на единичный круг. Теоретическое решение задач о концентрации напряжений у вырезов произвольной формы в пластинах конечной ширины ведется в основном приближенными методами. Широкое применение для оценки концентрации напряжений находят различные

численные методы: метод сеток, вариационно-разностный метод и особенно метод конечного элемента, весьма распространенный в последнее время. Однако, решение задач концентрации напряжений, особенно пространственных, с использованием указанных методов обычно оказывается трудоемким, несмотря на бурное развитие вычислительной техники и появление ЭВМ с большим быстродействием и объемом оперативной памяти.

В настоящее время имеется большое количество приближенных методов решения задач теории упругости, основанных не на приближенном решении дифференциальных уравнений и удовлетворении граничных условий, а на некоторых предположениях о напряженном и деформированном состоянии упругого тела, вытекающих из физических соображений. Например, метод неплоских сечений А. В. Верховского, экспериментально-теоретический метод В. В. Абрамова, теория прерывистых связей Ю. А. Шиманского, метод естественных сечений А. П. Горлова и др. Использование данных методов при решении практических задач приводит к удовлетворительным результатам при отсутствии сложных математических вычислений.

Для приближенного исследования задач теории упругости широко применяются различные экспериментальные методы и методы аналогий.

Результаты экспериментальных исследований, полученные при помощи поляризационно-оптического и тензометрического методов, освещены в работах Э. Кокера, Л. Файлона, М. Фронта, Р. Хейвуда, В. С. Гарбуза, Р. Петерсона и других.

Далее рассматриваются работы, непосредственно связанные с проблемами концентрации напряжений, затронутыми в реферируемой работе.

Отмечается, что первые решения для полос конечной ширины с полукруглыми вырезами при растяжении и изгибе были получены С. Лингом, а затем уточнены М. Исидой и А. Атсуми. Приближенные решения задач для пластин с вырезами содержатся в работах Г. Нейбера, М. Кикукавы, Г. Хана, В. С. Жуковского, А. С. Космодамианского, Р. Д. Вагапова, О. И. Шишориной, А. В. Верховского, В. В. Абрамова и других. Экспериментальное исследование данной проблемы освещается в работах У. Мураками, Т. Кабабе, М. Левена, Х. Геншоа, Д. Хамильтона, С. Янга и многих других.

Теоретическому изучению напряжений в пластинах с паложженными концентраторами посвящены работы Л. Митчелла и В. Висентини. Л. Митчеллом получено решение для растягиваемой пластины бесконечной ширины, ослабленной круговым отверстием с равными полукруглыми вырезами на его контуре.

В. Висентини, основываясь на известном приближенном решении Г Нейбера, предлагает формулу для определения коэффициента концентрации напряжений при растяжении пластины с симметричными двойными надрезами. Различного рода эмпирические зависимости для определения суммарного коэффициента концентрации напряжений, полученные, главным образом, путем обработки экспериментальных результатов, предлагаются А. Тумом, О. Свенсенем, Ф. М. Диментбергом, С. В. Серенсенем, М. Г. Стакяном, С. Л. Маком, У. Ченгом, А. Маубреем, Ф. Полом, Г. Фосеттом, У. Мураками, Т. Кавабе.

Вопрос о концентрации напряжений около эллипсоидальных и сферических полостей в среде, которая занимает все пространство, рассматривается в работах Р. Саусвелла, И. Гудьера, Г Нейбера, М. Миямото, К. В. Соляник-Красса, Г. Г. Чанкетадзе, М. Садовского и Э. Штернберга.

С. Лингом была решена задача о сферической полости в цилиндрическом стержне конечного радиуса при его растяжении. Та же задача приближенно решена Ф. П. Кочановым.

Экспериментальные данные о концентрации напряжений вокруг сферических полостей содержатся в работах Г Раска, Ким Бо Бэ, М. Нисиды, П. Кима, Х. Пая.

На основании обзора и критического анализа рассмотренных работ делаются следующие выводы.

1. Несмотря на большое количество работ, посвященных проблеме концентрации напряжений, приходится признать, что и сегодня еще не существует точных теоретических решений для концентрации напряжений вокруг вырезов (или иных концентраторов) произвольной формы в деталях конструкций при любом виде нагружения.

2. Отсутствуют теоретические исследования задач о взаимном влиянии неравных вырезов в пластинах и кривых брусках конечной ширины.

3. Теоретически почти не изучены вопросы распределения напряжений в пластинах с наложенными концентраторами. Многочисленные эмпирические зависимости, устанавливающие связь между коэффициентом концентрации сложного концентратора и простых, из которых он образован, применимы, как правило, в узких пределах, часто приводят к несовпадающим результатам и нуждаются в дополнительной проверке и уточнении.

4. Дальнейшего развития ожидает проблема концентрации напряжений в объемных задачах, в частности, новые исследования концентрации напряжений в конечных телах с внутренними полостями произвольного очертания.

5. Существующие теоретические решения плоских и пространственных задач концентрации напряжений, полученные

в основном методами теории упругости, относится преимущественно к бесконечным областям и практическое их использование затрудняется чрезвычайно большим объемом математических вычислений.

6. В инженерных расчетах широкое распространение получили приближенные решения, основанные на элементарных методах сопротивления материалов. Такие решения обладают простотой и малым объемом вычислений в сочетании с точностью, которая удовлетворяет практику.

Во второй главе получены основные формулы и зависимости, используемые в последующих главах диссертации. В начале кратко излагается суть гипотезы проф. А. В. Верховского, согласно которой неплоские сечения, проведенные в стержне сложной формы по определенным правилам, считаются геометрически неизменяемыми в процессе деформирования стержня. Устанавливается вид неплоских сечений и путем рассмотрения взаимного перемещения двух близлежащих сечений выводятся формулы для деформации произвольного волокна, относительного линейного перемещения δ и относительного угла поворота сечения Θ :

$$\epsilon = \frac{\Psi'}{u_c} (\delta + u \Theta); \quad (1)$$

$$\delta = u_c \frac{NJ_{np} - MS_{np}}{E(J_{np}F_{np} - S_{np}^2)}, \quad \Theta = u_c \frac{MF_{np} - NS_{np}}{E(J_{np}F_{np} - S_{np}^2)} \quad (2)$$

Здесь Ψ' — безразмерная функция, представляющая собой отношение длины некоторого волокна, заключенного между рассматриваемыми сечениями, к длине произвольного волокна;

u — расстояние от начала отсчета до любой точки сечения;

N, M — внутренние силовые факторы, действующие в сечении;

F_{np}, S_{np}, J_{np} — приведенные геометрические характеристики сечения:

$$F_{np} = \int_F \Psi dF; \quad S_{np} = \int_F \Psi u dF; \quad J_{np} = \int_F \Psi u^2 dF \quad (3)$$

В предположении линейного напряженного состояния из выражения (1) с учетом зависимостей (2) находится формула для определения напряжений в произвольном волокне опасного сечения односвязных и двухсвязных тел сложной конфигурации, рассматриваемых в реферлируемой работе:

$$\sigma = \Psi \frac{(NJ_{np} - MS_{np}) + u(MF_{np} - NS_{np})}{J_{np} F_{np} - S_{np}^2} \quad (4)$$

Показывается применение полученной формулы к расчету напряжений в ослабленном сечении пластины и кривого бруса с неравными боковыми вырезами при одновременном изгибе моментами M и растяжении силами P . В данном случае изгибающий момент и нормальная сила в опасном сечении определяются из условий равновесия, и формула (4) может быть представлена в таком виде (рис. 1, а, б)

$$\sigma = \Psi \frac{P(J_{np} - uS_{np}) - (M + Pu_p) \cdot (S_{np} - uF_{np})}{J_{np} F_{np} - S_{np}^2} \quad (5)$$

Вычисляются функция Ψ и приведенные геометрические характеристики сечения при различных соотношениях размеров вырезов и ширины ослабленного сечения.

Отмечается, что когда радиус кривого бруса стремится к бесконечности, для пластины и кривого бруса с вырезами решения совпадают.

Теоретическое решение, приведенное во второй главе, иллюстрируется большим числом примеров и для отдельных частных случаев сопоставляется с теоретическими и экспериментальными данными других авторов. Указывается на удовлетворительное совпадение результатов и делается вывод о возможности использования полученного решения в инженерных расчетах элементов конструкций, которые могут быть сведены к расчетной схеме пластины и кривого бруса с вырезами.

В третьей главе рассматриваются задачи концентрации напряжений в пластинах с наложенными концентраторами. Выбирается единая расчетная схема, применение которой позволяет находить напряжения в опасных сечениях пластин, показанных на рис. 1, в, г, д. За расчетную схему в силу симметрии принимается четверть пластины с отверстием, имеющим дополнительные вырезы (см. рис. 1, в). Принятая расчетная схема является по существу кривым брусом с внутренним вырезом, и, следовательно, в данном случае остаются справедливыми зависимости (1—4), установленные выше.

Формулы для определения нормальных напряжений в пластинах с наложенными концентраторами получаются из общей формулы (4), если известны внутренние усилия, действующие в опасном сечении (N_0 и M_0).

1. В случае растяжения пластины с отверстием, на контуре которого имеются дополнительные надрезы (см. рис. 1, в)

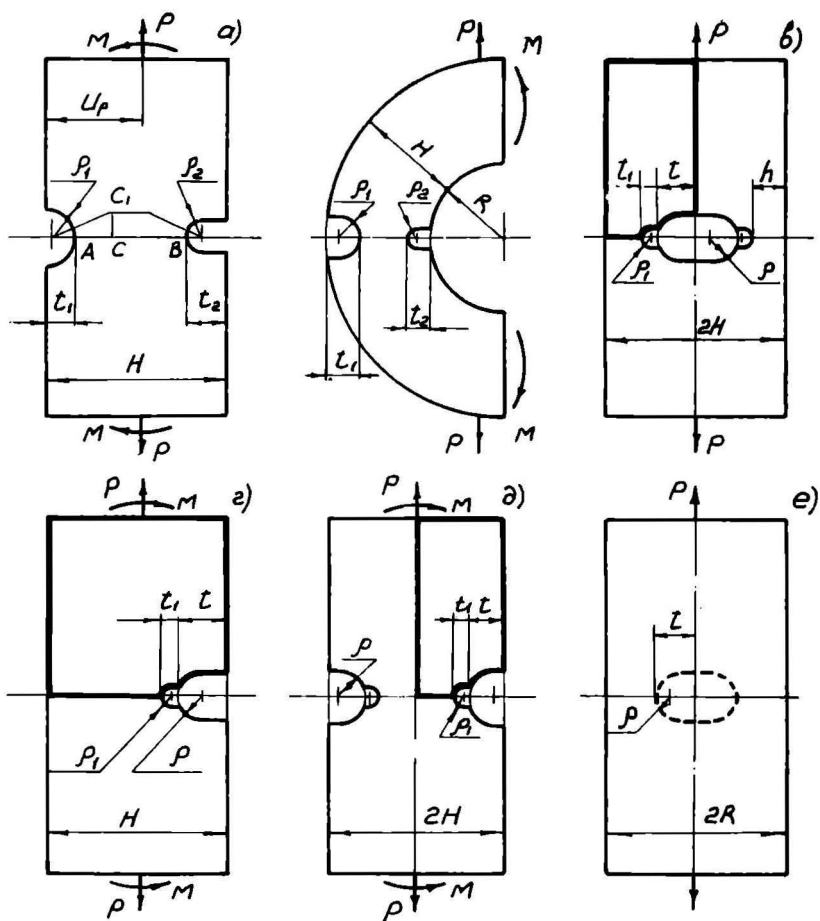


Рис. 1. Типы тел с концентраторами:

- а) Пластина с боковыми вырезами; б) кривой брус с вырезами; в) пластина с отверстием и дополнительными вырезами на его контуре; г) пластина с односторонним двойным вырезом; д) пластина с симметричными двойными надрезами; е) цилиндрический стержень с внутренней полостью.

$N_0 = 0,5 P$ Неизвестный момент M_0 представляется в виде $M_0 = \gamma N_0$, где γ — некоторая функция, определяемая из того условия, что вертикальное и горизонтальное сечения не изменяют своего положения под нагрузкой. В этом случае формула нормальных напряжений в опасном сечении принимает вид

$$\sigma = \frac{P\Psi}{2} \frac{(J_{np} - \gamma S_{np}) + u(\gamma F_{np} - S_{np})}{J_{np} F_{np} - S_{np}^2}. \quad (6)$$

2. В случае одновременного растяжения и изгиба пластины с односторонним двойным надрезом (см. рис. 1, *г*) внутренние усилия определяются из условий равновесия, и нормальные напряжения находятся по формуле (5).

3. При растяжении пластины с двумя симметричными двойными надрезами (см. рис. 1, *д*) из условия равновесия $N_0 = 0,5 P$. Момент M_0 находится из того условия, что в силу симметрии опасное сечение не поворачивается, то есть $\theta = 0$. Формула для определения нормальных напряжений в этом случае принимает весьма простой вид:

$$\sigma = \Psi \frac{N_0}{F_{np}}. \quad (7)$$

Отмечается, что при отсутствии вырезов, когда справедлива гипотеза плоских сечений (частный случай более общей гипотезы А. В. Верховского), $\Psi = 1$, $F_{np} = F$, и формула (7) дает обычное равномерное распределение напряжений в стержнях постоянного сечения.

4. При чистом изгибе пластины с двумя симметричными двойными вырезами (см. рис. 1, *д*) усилия N_0 и M_0 определяются из уравнения статики и условия, что опасное сечение при изгибе поворачивается относительно центра тяжести. Подстановка полученных значений нормальной силы и изгибающего момента в общую формулу (4) приводит ее к такому виду:

$$\sigma = \Psi \frac{M(\rho_1 + h - u)}{2[J_{np} + (\rho_1 + h)^2 F_{np} - 2(\rho_1 + h)S_{np}]} \quad (8)$$

Сравнение с существующими исследованиями других авторов и экспериментальная проверка разработанной в данной главе методики расчета пластин с наложенными концентраторами показывает, что ее применение для решения задач концентрации напряжений приводит к удовлетворительным результатам.

В четвертой главе излагается решение задачи о растяжении цилиндрического стержня с расположенной на его оси эллипсоидальной (в частном случае — сферической) полостью. За расчетную схему принимается призма, выделенная из цилиндра двумя осевыми сечениями, проведенными под углом $d\varphi$. Используются приемы метода неплоских сечений и выводится расчетная формула для определения напряжений в

ослабленном сечении цилиндрического стержня с внутренней полостью. Статическая неопределимость задачи раскрывается так же, как и в пластине с отверстием,— реализуется условие сохранения перпендикулярности опасного сечения продольной оси стержня в процессе нагружения.

Приводятся результаты экспериментальной проверки полученного решения для сферической полости и сопоставления его с теоретическими исследованиями С. Линга, Ф. П. Кочапова и фотоупругими исследованиями Х. Пая. Отмечается, что во всех случаях расхождение в величинах коэффициентов концентрации напряжений, вычисленных по предлагаемому решению, а также по данным других авторов и эксперимента, не превышает 15%.

В пятой главе излагается методика и результаты экспериментального исследования распределения нормальных напряжений в опасных сечениях пластин, кривых брусьев и цилиндрических стержней с различными концентраторами напряжений. Отмечается, что плоские образцы были изготовлены из углеродистой стали и имели достаточно большие размеры для уменьшения относительной погрешности при испытаниях. Длина всех пластин равнялась 900 мм. Радиус наружного контура кривых брусьев был одинаковым (398 мм).

Цилиндрический стержень со сферической полостью был изготовлен из органического стекла. Посередине двух одинаковых призматических брусков были выфрезерованы полусферы. После склейки брусков и последующей токарной обработки получался цилиндрический стержень с внутренней полостью, расположенной на его оси. Переточкой изменялся наружный диаметр стержня, в результате чего на одном образце исследовалась концентрация напряжений при различных отношениях радиуса сферы к радиусу стержня. Всего было изготовлено 16 пластин с различными концентраторами (двухсторонние и односторонние *U*- и *V*-образные вырезы, отверстие с дополнительными вырезами на его контуре, симметричные двойные надрезы), 4 кривых бруса с вырезами различных параметров на контуре, 4 цилиндрических стержня со сферическими полостями.

Нагружение стальных образцов осуществлялось на 30-тонной разрывной машине Мор-Федергаф, а цилиндрических стержней с полостями — на универсальной испытательной машине марки УМ—5; в последнем случае усилие на образец замерялось с помощью образцового динамометра Н. Г. Токаря. Для всех образцов методом тензометрии исследовалось распределение напряжений в опасном сечении.

Экспериментальные исследования показали, что полученные на основе гипотезы неплоских сечений формулы для нор-

мальных напряжений в опасных сечениях рассмотренных в работе тел с различными концентраторами дают удовлетворительные результаты как для напряжений в опасной точке (на контуре выреза), так и по ширине опасного сечения. Так, например, расхождение теоретических и экспериментальных напряжений в опасной точке пластины с симметричными U- и V-образными вырезами не превышает 10%. Для пластин с отверстием, имеющим на контуре добавочные вырезы, и стержней со сферическими полостями это расхождение не превышает соответственно 8% и 15%. В отдельных точках сечения, где напряжения малы по абсолютной величине, отличие теоретических и экспериментальных величин может быть более существенным, так как при этом возрастает относительная погрешность эксперимента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Настоящая работа посвящена одной из актуальных проблем механики деформируемого тела — изучению концентрации напряжений в опасных сечениях тел сложной конфигурации с различными концентраторами. Реферлируемую работу можно рассматривать в определенном смысле как обобщение и дальнейшее развитие метода неплоских сечений А. В. Верховского для концентрационных задач в плоских односвязных и двухсвязных телах и попытку его применения для решения объемной концентрационной задачи.

2. На основе приемов, используемых в гипотезе неплоских сечений, выведено геометрическое уравнение и общая формула для определения напряжений в опасных сечениях плоских тел сложной формы.

3. Получены формулы для нормальных напряжений в ослабленном сечении пластины и кривого бруса конечной ширины, имеющих на контурах неравные U-образные вырезы.

4. Выбрана единая расчетная схема, обеспечивающая общность решения ряда родственных концентрационных задач для пластин с наложенными концентраторами. Выбор расчетной схемы и получение общего решения рассмотрены на примере растягиваемой пластины конечной ширины с отверстием, имеющим на контуре равные U-образные вырезы.

5. Общее решение распространено на следующие частные случаи:

- а) растяжение пластин с односторонним двойным надрезом;
- б) изгиб пластины с односторонним двойным надрезом;
- в) растяжение пластины с двумя симметричными двойными надрезами;

г) изгиб пластины с двумя симметричными двойными надрезами.

6. Получено решение для определения нормальных напряжений в растягиваемом цилиндрическом стержне конечных размеров с эллипсоидальной полостью, расположенной на оси стержня.

В частном случае выведены формулы для стержня, ослабленного сферической полостью.

7. Результаты теоретического решения проверены экспериментально для случаев растяжения и изгиба пластин с односторонними и двухсторонними U - и V -образными вырезами, для кривых брусьев с различными вырезами, для растяжения и изгиба пластины с двухсторонними симметричными двойными надрезами, для пластины с отверстием, имеющим дополнительные вырезы, для сжатия цилиндрических стержней, ослабленных внутренней полостью.

Для некоторых частных случаев решения, полученные на основе метода неплоских сечений, сопоставлены с имеющимися теоретическими и экспериментальными исследованиями других авторов.

Экспериментальная проверка и сравнение с результатами исследований других авторов показывают, что предлагаемое теоретическое решение на основе гипотезы неплоских сечений дает удовлетворительные результаты и обладает достаточной для практики точностью.

Простота конечных расчетных формул и малый объем вычислений по предложенной методике позволяют быстро ориентироваться при выборе параметров концентраторов в процессе проектирования деталей сложной формы.

По теме диссертации опубликованы следующие основные работы:

1. **Ильичев Н. А.** Определение напряжений в опасном сечении круглого цилиндра, ослабленного полостью в виде эллипсоида вращения, при осевом растяжении. Труды ГПИ им. А. А. Жданова. Том XXVI, вып. 14, 1970.
2. **Верховский А. В., Аравович В. М., Глявин Ю. В., Ильичев Н. А.** и др. Метод неплоских сечений. Волго-Вятское книжное издательство, Горький, 1971.
Ильичев Н. А., Марголина Т. И., Мерзленков М. К. Определение напряжений в пластинах с различными видами надрезов. Труды ГПИ им. А. А. Жданова. Том XXVIII, вып. 10, 1972.
4. **Ильичев Н. А.** Напряженное состояние в цилиндрическом стержне, ослабленном сферической полостью. Труды ГПИ им. А. А. Жданова. Том XXX, вып. 8, 1974.
Глявин Ю. В., Бривин Б. В., Ильичев Н. А. Использование канониче-

ских уравнений метода сил к решению концентрационных задач. Тезисы докладов VI Дальневосточной конференции по повреждениям и эксплуатационной надежности судовых конструкций, Владивосток, 1975.

6. Ильичев Н. А., Колябин В. В., Наумов В. К. Определение напряжений в опасном сечении пластины с боковыми вырезами. Рукопись деп. в ВИНТИ 26 апреля 1979 г., № 1536-79 Деп.
7. Ильичев Н. А., Колябин В. В., Наумов В. К. Определение напряжений в кривых брусках с вырезами. Рукопись депонирована в ВИНТИ 26 апреля 1979 г., № 1537-79. Деп.

Дополнительно к основным опубликованы 2 работы.

НТБ
ДНУЖТ

ИЛЬИЧЕВ Николай Алексеевич

**РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ КОНЦЕНТРАЦИИ
НАПРЯЖЕНИЙ МЕТОДОМ НЕПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ**

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

МЦ 08748. Типография Горьковского политехнического института
им. А. А. Жданова. Зак. 314, тир. 100, 19.11.79 г.

Сканировала Камянская Н.А.

**НТБ
ДНУЖТ**