

267

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
им. М. И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

ДОЛЖИКОВ Владимир Николаевич

УДК 624.041.5

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ
ОПОР ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВ

Специальность 05.23.15 — «Мосты и тоннели
и другие строительные сооружения на железных
и автомобильных дорогах»

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

Работа выполнена на кафедре мостов Московского ордена Трудового Красного Знамени автомобильно-дорожного института и на кафедре мостов и конструкций Донецкого ордена Трудового Красного Знамени политехнического института.

Научный руководитель — кандидат технических наук, доцент Вейнблит Б. М.

Официальные оппоненты — заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор *Н. Н. Стрелецкий*; кандидат технических наук *В. И. Борщов*.

В е д у щ е е п р е д п р и я т и е — Мостостроительный ор-
дена Ленина трест-1.

Защита состоится « 11 » мая 1984 г. в 15³⁰ часов
на заседании специализированного совета К 114.07.02 в Днепро-
петровском институте инженеров железнодорожного транспорта
им. М. И. Калинина /320629, ГСП, г. Днепропетровск-10, ул. Ака-
демика В. А. Лазаряна, 2/.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан « 30 » декабря 1984 г.

**Поверніть книгу не пізніше
зазначеного терміну**

спец-
кинд.

[illegible]

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. " Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года ", принятыми XXVI съездом КПСС, предусматривается значительный рост объема строительства сети автомобильных и железных дорог. Важное значение, в связи с этим, приобретают вопросы строительства искусственных сооружений.

Индустриальный характер мостостроения предопределяет применение как сборных элементов мостовых конструкций, так и комплектов инвентарных элементов вспомогательных сооружений. В течение последних десятилетий в СССР был создан ряд типов инвентарных конструкций, к наиболее распространенным из которых относятся подмости Мостотреста, универсальные конструкции типа УИМ, инвентарные понтоны, конструкции типа ИМИ и др. К числу новых типов инвентарных конструкций относятся МК-С и МК-П.

Условия применения и принципы проектирования вспомогательных сооружений из инвентарных конструкций определяют ряд особенностей работы этих сооружений. К таким особенностям относятся повышенная податливость фундаментов стационарных опор, взаимодействие надстроек и плашкоутов плавучих опор, а также перераспределение усилий в системах от податливости узлов и соединений, выполняемых с целью облегчения монтажа, на болтах нормальной точности. В практике проектных организаций отмеченные особенности при выполнении расчетов вспомогательных сооружений, как правило, не учитываются. Это затрудняет проектирование равнопрочных конструкций и приводит как к наличию излишних запасов в одних элементах, так и к недостаточной надежности других, что приводило к потере устойчивости перегруженных элементов в реальных условиях. Поэтому можно считать, что исследования, направленные на изучение действительной работы вспомогательных сооружений, являются актуальными. Их проведение соответствует задачам технического прогресса в мостостроении.

Целью работы является разработка, по результатам исследований действительной работы, теории и методов расчета наиболее распространенных видов вспомогательных сооружений - стационарных и плавучих опор с учетом сдвигов в болтовых соединениях элементов надстроек и плашкоутов.

Научная новизна работы заключается в данных теоретических и экспериментальных исследований, а также в соответствующих методах расчета вспомогательных опор с учетом смещений в болтовых соединениях элементов и взаимодействий надстроек и плашкоутов плавающих опор.

Практическая ценность результатов исследований состоит в создании методов расчета вспомогательных опор, обеспечивающих, благодаря учету факторов действительной работы конструкций, проектирование равнопрочных сооружений, удовлетворяющих принципам экономичности и надежности.

Реализация работы. По результатам исследований разработаны "Рекомендации по уточненному расчету вспомогательных сооружений из инвентарных конструкций". Результаты используются в практике проектных работ СКБ Главмостостроя при разработке вспомогательных сооружений, монтируемых преимущественно с применением эффективных инвентарных конструкций типа МК-С. Рекомендации по расчету вспомогательных опор из МК-С и методика расчета статически неопределимых конструкций с учетом смещений в болтовых соединениях включены в альбом "Типовые решения сложных вспомогательных сооружений с применением МК-С и МК-П", разработанный СКБ Главмостостроя / 1979 г. / и проект "Руководства по проектированию соединений на высокопрочных болтах в стальных конструкциях", разработанный ЦНИИПроектстальконструкция / 1981 г. /

Апробация работы. Диссертационная работа одобрена на заседании кафедры "Мосты и тоннели" МАДИ и на техническом Совете СКБ Главмостостроя в 1981 г. и на заседании кафедры "Мосты и тоннели" ДИИТА. Основные результаты исследований и работа в целом докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях МАДИ в 1980-1982 г.г. и на научно-технической конференции молодых ученых МАДИ в 1979 г.

Публикации. По результатам экспериментально-теоретических исследований опубликовано 7 статей.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих результатов и выводов, списка литературы, включающего 170 наименований, и приложения. Работа в целом имеет 200 страниц, в том числе 112 страниц машинописного текста, 28 таблиц и 70 рисунков.

На защиту выносятся: разработанный способ расчета вспомогательных стационарных и плавучих опор с учетом смещений в болтовых соединениях элементов надстроек и плашкоутов; основные результаты теоретических исследований распределения напряженного состояния конструкций из элементов МЖ-С; результаты экспериментальных исследований на моделях вспомогательных опор и натурных конструкциях из элементов УММ и МЖ-С.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

П е р в а я г л а в а посвящена рассмотрению состояния вопроса и обоснованию задач исследования. Дан обзор и основные этапы развития инвентарных конструкций для возведения вспомогательных сооружений. Приводятся основные схемы и конструктивно-компоновочные особенности инвентарных конструкций применяемых в СССР при строительстве штодорожных и железнодорожных мостов. Анализируются существующие методы расчета вспомогательных стационарных и плавучих опор. Вспомогательные опоры представляют собой внутренние и внешние статически неопределимые решетчатые системы / в случае стационарных опор / или же сочетание таких систем с изгибаемыми балками или пластинами, представляющими плашкоуты плавучих опор.

Существующая практика расчета вспомогательных опор основана на ряде предпосылок и допущений. При расчетах вспомогательных опор часто пользуются приближенными способами, понижающими, а иногда и полностью исключаящими степень статической неопределимости. Способ расчета, разработанный в ЦНИИСе, основан на замене решетки стержневой конструкции сплошной энергетически эквивалентной тонкой стенкой. Разработанная А.А.Потапкиным программа ПС-I позволяет рассчитывать пространственные стержневые системы, какими являются вспомогательные опоры, как по методу сил так и по методу перемещений.

Из обзора существующих методов расчета стационарных вспомогательных опор следует, что смещения в соединениях элементов не учитываются. Податливость стыков плашкоута по методике СКБ Главмостостроя учитывается дополнительным прогибом при возможном повороте двух смежных понтонов. Принимаемая величина смещения для каждого стыка, равная 10 мм, необоснована.

так как смещения зависят от изгибающего момента в стыке, который, как известно, распределяется по длине плашкоута неравномерно.

Приводится обзор литературы в области металлических решетчатых каркасных конструкций. Одним из важных моментов, определяющих работу решетчатых конструкций, является учет работы сопряжений элементов, а также взаимодействия каркасной системы с фундаментами и основаниями.

Экспериментально-теоретические исследования, проводившиеся в ЦЕИСКе им. Кучеренко под руководством Е.И.Трофимова на опорах ЛЭП и структурных конструкциях показали, что податливость в болтовых соединениях статически неопределимых стержневых конструкций приводит к остаточным прогибам в системе, увеличению её деформативности и к резкому перераспределению усилий в элементах. Степень влияния податливости болтового соединения каждого раскоса учитывалась введением в расчет фиктивных площадей поперечного сечения элементов. Применительно к мостовым конструкциям с клепанными соединениями вопросу смещения в соединениях и его влияния на перераспределение усилий в элементах статически неопределимых систем посвящены работы Б.Ф.Лесохина, Ю.Г.Троицкого, Ю.Н.Хромец. В работах В.А.Зубкова этот вопрос рассмотрен применительно к мостовым конструкциям с болтосрезными соединениями на высокопрочных болтах. Учет смещений в болтовых и клепаных соединениях металлических конструкций основывается на современном представлении о действительной работе данного соединения. Известны многие работы советских и зарубежных ученых, таких как Г.А.Шапиро, К.С.Силин, Н.Н.Стрелецкий, Е.И.Беленя, В.О.Осипов, Т.М.Богданов, К.П.Большаков, Б.М.Рейнблат, И.Фишер, Е.Честон и других, которые внесли большой вклад в область исследования напряженно-деформированного состояния заклепочных и болтовых соединений.

Вопрос о влиянии смещений в болтовых соединениях на работу вспомогательных стационарных и плавучих опор, представляющий большой интерес применительно к мостостроению, ранее не рассматривался. С учетом результатов научно-исследователь-

ских работ определены в качестве задач выявления, по данным экспериментально-теоретических исследований, распределения усилий в элементах стационарных и плавучих вспомогательных опор с учетом смещений в болтовых соединениях, деформаций фундаментов и взаимодействия надстроек и плашкоутов плавучих опор.

Вторая глава посвящена разработке теории расчета вспомогательных стационарных и плавучих опор, и исследованию перераспределения напряженно-деформированного состояния при возможных просадках оснований и смещениях в болтовых соединениях надстройки и плашкоута. Основу расчета составляет замена модулей упругости материала на модули деформаций элементов решетчатых конструкций, а также введение упругих шарниров в местах болтовых соединений плашкоутов плавучих опор. Расчет плавучих опор распространяется на случаи как узких, так и широких плашкоутов.

Учитывая, что изменение межузлового расстояния l_i i -го элемента определяется как сумма упругой деформации и смещений в прикреплениях модуль деформации i -го элемента определяется по формуле / 1 /

$$E_{\Delta i} = \frac{l_i E E_{сн} E_{ск} l_i}{E F_i E_{сн} + E F_i E_{ск} + l_i E_{сн} E_{ск}} \quad / 1 /$$

где l_i — длина i -го элемента; $E F_i$ — жесткость i -го элемента; $E_{сн}$, $E_{ск}$ — модуль деформации соединения в начале и в конце элемента.

Сдвиги в болтовых соединениях понтонов плавучих опор учитываются посредством введения упругих шарниров, моделирующих стыки плашкоутов, с коэффициентами жесткости K_i , определяемыми по формуле

$$K_i = \frac{M_i}{\Delta_i} \quad / 2 /$$

где M_i — момент в i -том упругом шарнире; Δ_i — угол

раскрытия i - го упругого шарнира.

Во втором параграфе приводится вывод формул для определения дополнительных перемещений по направлению неизвестных опорных реакций надстройки от сдвигов в стыках понтонов. Упругие шарниры, находящиеся по длине плашкоута вне опор надстройки, в расчете не учитываются, как не оказывающие влияния на изменение опорных реакций при раскрытиях этих шарниров. Дополнительный прогиб под K - тым шарниром / здесь и ниже слово упругий опущено / , при общем количестве шарниров n в пределах опор надстройки, определяется из выражения:

$$y_K^{\text{доп}} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} \lambda_1 + \sum_{j=1}^K \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} - \sum_{j=1}^{K-1} \frac{M_j}{K_j} \right) \lambda_2 . \quad / 3 /$$

где M_i - момент в i - том шарнире от равномерно распределенного гидростатического давления и опорных реакций надстройки; λ_1 - расстояние между крайней левой опорой надстройки и первым шарниром; λ_2 - расстояние между шарнирами; b_i - расстояние от i - го шарнира до крайней правой опоры надстройки.

Дополнительный прогиб плашкоута под неизвестной опорной реакцией X_K надстройки, находящейся между шарнирами K и $K+1$, от раскрытия шарниров записывается в виде :

$$\begin{aligned} \Delta x_K &= \left[\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} \lambda_1 + \sum_{j=1}^K \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} - \sum_{j=1}^{K-1} \frac{M_j}{K_j} \right) \lambda_2 \right] \\ &\cdot \left(1 - \frac{z_{x_K}}{\lambda_2} \right) + \left[\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} \lambda_1 + \sum_{j=1}^{K+1} \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \frac{M_i b_i}{K_i} - \sum_{j=1}^K \frac{M_j}{K_j} \right) \lambda_2 \right] \frac{z_{x_K}}{\lambda_2} \end{aligned} \quad / 4 /$$

где $Z_{\text{ш}}$ — расстояние от неизвестной опорной реакции до K -го шарнира.

В третьем параграфе приводится обоснование принятой расчетной схемы и показано влияние смещений в болтовых соединениях на напряженно-деформированное состояние стационарных вспомогательных опор.

Показано, что средняя величина изменения напряжений при учете жесткости в узлах стоек составляет 2% и не превышает 17% в сравнении с напряжениями, полученными при расчете вспомогательной опоры из МК-С по шарнирной схеме. Результаты теоретических исследований вспомогательной опоры из конструкций типа МК-С при возможных полных проработках смещений в соединениях элементов показали, что средняя и максимальная величина относительного изменения усилий в менее нагруженных элементах / раскосах / соответственно составляет 37% и 80%, а в стойках — 8% и 22%.

Для стационарных вспомогательных опор из инвентарных конструкций податливость опорных закреплений при действии на систему вертикальной и горизонтальной нагрузки существенно влияет на характер распределения внутренних усилий и приводит к значительной перегрузке некоторых элементов опоры. Влияние смещений в соединениях на перераспределение усилий при просадке основания устанавливалось путем сопоставления расчетных усилий, полученных в предположении наличия и отсутствия смещений в соединениях. В результате смещений в соединениях значительно / до 2 — 2,5 раз / снижаются относительные изменения усилий в элементах вызванные просадкой основания.

В четвертом параграфе приводится разработанная теория расчета плавучих опор с учетом смещений в болтовых соединениях понтонов и элементов надстройки при относительно узких и широких плашкоутах. Плавучая опора представляет собой комбинированную систему из решетчатой надстройки, опирающуюся на плавающую балку / пластину / .

При расчете плавучих опор с относительно узкими плашкоутами основную систему получаем посредством разделения плашкоута в местах упругих шарниров на отдельные балки, каждая

из которых будет находиться под действием гидростатического давления, неизвестных поперечных сил и изгибающих моментов и реакций опор решетчатой надстройки. Полученная основная система дает возможность каждую из отсеченных балок рассматривать как балку конечной длины и постоянной жесткости, лежащую на упругом основании. Каждая балка имеет по четыре неизвестных, а именно: прогиб U_i и угол поворота φ_i на левом конце, момент M_i и поперечная сила Q_i на правом конце. При определении неизвестных для каждой балки записываются по четыре уравнения метода начальных параметров. Сдвиги в стыках плашкоута учитываются посредством выражения угла поворота φ_i на левом конце i -ой балки через угол поворота φ_{i-1} на правом конце $(i-1)$ -ой балки по формуле

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} - \frac{M_i}{K_i} . \quad / 5 /$$

Для балок, нагруженных неизвестными опорными реакциями надстройки, дополнительно составляются уравнения совместности деформаций соответствующих точек надстройки и балки.

При относительно большой ширине плашкоута последний представляется в виде системы перекрестных балок, лежащих на упругом основании и нагруженных реакциями опор надстройки. Стыки двух смежных понтонов как в продольном, так и в поперечном направлении моделируются упругими шарнирами. Оси перекрестных балок совпадают с продольными и поперечными осями понтонов. Жесткость балок в соответствующем направлении соответствует жесткости понтона. Крутящими моментами по малости их влияния в местах пересечения балок пренебрегаем. Для удобства расчета опорные реакции надстройки приводятся к узлам пересечения балок.

Задача сводится к составлению и решению системы уравнений совместности деформаций продольных и поперечных балок в местах их пересечения и соответствующих точек надстройки и плашкоута. Уравнения совместности деформаций составляются с учетом дополнительных прогибов продольных и поперечных

балок в узлах их пересечения от неупругого раскрытия шарниров. При определении дополнительных прогибов полагаем, что прогибы на концах балок равны нулю. В общем виде число уравнений совместности деформаций балок и соответствующих точек надстройки и плашкоута будет равно :

$$n = m + k, \quad / 6 /$$

где m — число узлов пересечения балок; k — количество лишних неизвестных реакций опор надстройки.

Для определения усилий в плашкоуте условные балки загружаются полученными узловыми силами / для соответствующих балок / и опорными реакциями надстройки, после чего балка рассчитывается как на упругом основании.

В пятом параграфе исследуются влияние смещений в болтовых соединениях надстройки и плашкоута на перераспределение усилий в элементах плавучих опор и допустимость, по степени точности результатов, упрощенного расчета плавучих опор в предположении равномерно распределенного гидростатического давления, т.е. при неучете влияния на распределение давления собственных деформаций плашкоута. Вопрос о распределении усилий в надстройке решается на примере плавучей опоры для продольной перекачки металлического пролетного строения.

• $L = 55\text{м}$. Конструкция надстройки плавучей опоры принята из элементов МЖ-С.

Распределение усилий в плашкоутах плавучих опор при смещениях в болтовых соединениях понтонов рассмотрен для случая рассредоточенного опирания надстройки / распределительной фермы / как наиболее характерного примера. В этом случае в пределах опирания надстройки может оказаться несколько соединений понтонов, смещения в которых существенно влияют на изменение усилий в плашкоуте.

Результаты упрощенного расчета плавучей опоры с учетом смещений в соединениях при равномерно распределенном гидростатическом давлении близки к результатам, полученным при рассмотрении плашкоута как системы перекрестных балок на упругом основании. В результате неупругих поворотов понто-

нов в стыках плашкоута усилия в крайних / наиболее нагруженных / стойках увеличились на 34% . В элементах решетки / раскосах и распорках / знак усилия изменился на обратный. При этом изменение усилий в раскосах в сравнении с полученными без учета смещений в стыках плашкоута достигает 134% . При учете смещений и в соединениях элементов надстройки относительное изменение усилий, вызванные сдвигами в стыках плашкоута, уменьшилось на 18% для наиболее нагруженных стоек и на 70% для раскосов и распорок.

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям напряженно-деформированного состояния вспомогательных опор. В главе приведены описания объектов исследования и методики их выполнения.

Экспериментальные исследования выполнены на моделях стационарной и плавучих опор, а также на натурных конструкциях — вспомогательной опоре из элементов МЖС и фрагменте решетчатой фермы из элементов УЖМ. Приводятся сравнения результатов экспериментов с результатами расчетов, выполненных традиционными и разработанными методами.

Модель вспомогательной опоры изготовлена из конструктивного дюралюминия марки Д16АТ / ГОСТ 12596 - 67 / и состоит из решетчатой надстройки и балки, представляющей узкий плашконт плавучей опоры. Соединения элементов решетчатой надстройки одноболтовые на болтах $d = 4,75$ мм при диаметре отверстия 5 мм.

Конструкция изготовлена из расчета проведения экспериментальных исследований на моделях стационарных и плавучих опор.

Диаметр отверстий в стыках модели плашкоута составляет 12 мм . Для выявления влияния разности диаметров на общие деформации и перераспределение усилий в надстройке на различных этапах испытания в среднем стыке плашкоута устанавливались болты диаметром 11,75 мм, 10,75 мм, 9,75 мм.

Вертикальная нагрузка создавалась посредством гидравлического домкрата. Горизонтальная - с помощью металлического троса. Контроль горизонтальной нагрузки выполнялся универсальным динамометром.

Экспериментальные исследования на модели стационарной опоры проводились в два этапа. На первом этапе болты в соединениях были установлены без натяжения, что позволило вызвать смещения в соединениях уже при небольших усилиях в элементах. На втором этапе болты в соединениях были затянуты так, чтобы максимальное усилие, возникающее в раскосах, не могло превысить силу трения и тем самым не могло вызвать сдвига в соединениях.

В процессе испытания измеряли следующие величины: относительные деформации элементов надстройки; смещения в соединениях раскосов; смещения в стыках плашкоута; общие деформации / прогибы / плашкоута; относительные деформации сжатой и растянутой зон плашкоута. Относительные деформации элементов надстройки и плашкоута замерялись с помощью тензодатчиков. Смещения в соединениях раскосов и углы раскрытия стыков плашкоута фиксировались индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм.

Для нахождения расчетных смещений в соединениях элементов модели проведены испытания на растяжения образцов соединений модели, в результате которых получена информация о соответствующих деформациях сжатия. Результаты испытаний приводятся в виде эмпирической зависимости построенной после обработки данных методом наименьших квадратов.

Анализ результатов эксперимента проводился путем сравнения экспериментальных и расчетных значений усилий в элементах испытываемых конструкций. Приводятся графики изменения усилий в элементах модели от смещений в соединениях.

Экспериментальные исследования инвентарной конструкции из элементов УИМ проводились на внутренне статически неопределимой ферме.

Экспериментальные исследования натурной конструкции

из элементов ИЖ-С проводились при содействии Мостоотряда №21 на вспомогательной опоре для полунавесной сборки пролетного строения при строительстве железнодорожного моста левого пути через р. Дон на 670 км у г. Георгию - Деж по методике, согласованной с ЦНИИСом и Главмостостроем. Вертикальная нагрузка создавалась весом пролетного строения, горизонтальная - с помощью механической лебедки. Относительные деформации элементов и смещения в соединениях замерялись деформометрами с различной базой и ценой деления 0,001 мм. Среднее относительное изменение усилий, вызванное смещениями в соединениях, составило 48% для раскосов и 18% для стоек.

По результатам экспериментальных исследований вспомогательных сооружений из инвентарных конструкций установлено, что смещения в болтовых соединениях приводят к появлению остаточных деформаций, значения которых составляют значительную часть от общих, а также к перераспределению усилий в элементах. При этом в некоторых элементах знак усилия изменяется на обратный.

Значения экспериментальных усилий, полученные при наличии смещений в соединениях, хорошо согласуются с результатами расчетов выполненными по предложенной методике и существенно отличаются от полученных при расчетах этих же систем традиционным методом.

Выявлено влияние смещений в болтовых соединениях вспомогательных опор на изменение усилий в элементах. Наиболее чувствительными к смещениям в соединениях являются менее нагруженные элементы / раскосы, распорки /.

Экспериментально подтверждено, что смещения в соединениях понтонов значительно уменьшают изгибающий момент в плашкоуте в пределах опор надстройки и увеличивают усилия в крайних стойках. Дополнительные деформации плашкоута, вызванные смещениями в болтовых соединениях понтонов, приводят к перегрузке одних элементов и к появлению запаса прочности у других. Смещения в соединениях элементов надстройки существенно снижают относительные изменения усилий, вызванные смещениями в стыках плашкоута.

Выполненные проверочные расчеты модели вспомогательной опоры с учетом смещений в болтовых соединениях элементов показали, что усилия, полученные при использовании фактических модулей деформации / по замеренным в ходе эксперимента смещениям / , мало отличаются от полученных при использовании теоретических модулей деформации.

Экспериментально установлено, что в элементах с сильно затянутыми болтами модули деформации близки к модулям упругости материала. Смещения в соединениях элементов вспомогательных опор на болтах нормальной точности начинаются при нагрузках 30% от расчетных.

В четвертой главе приводятся основы методики расчета вспомогательных стационарных и плавучих опор. Составлены таблицы для определения модулей деформации элементов УИМ и МДМ-С для различных площадей поперечных сечений и интервалов усилий в элементах. Для учета смещений в стыках плашкоутов плавучих опор приведена таблица коэффициентов жесткости, определенных для различных интервалов моментов и высот плашкоута.

В пятой главе приводятся сведения по реализации результатов исследования в практике проектирования и эффективности результатов исследования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработан метод расчета вспомогательных - стационарных и плавучих опор с учетом смещений в болтовых соединениях надстроек и плашкоутов. Основу учета смещений составляет замена модулей упругости материала на модули деформации элементов решетчатых конструкций, а также введение упругих шарниров в местах болтовых соединений плашкоутов плавучих опор. Разработанный метод расчета плавучих опор рас-

пространяется на случаи как узких, так и широких плашкоутов.

2. Установлено, что наибольшее влияние смещения в соединениях оказывают на элементы решетки; при этом относительные изменения усилий тем больше, чем меньше загружен элемент.

3. Учет смещений в соединениях уменьшает степень перераспределения усилий, вызванных просадкой оснований вспомогательных стационарных опор. Установлено также, что учет указанных смещений приводит к уменьшению степени перераспределения усилий, вызванных сдвигами в стыках плашкоута.

4. Значения усилий в надстройке, полученные в результате упрощенного расчета плавучей опоры с относительно узким плашкоутом / плашкоут - балка, загруженная равномерно распределенным гидростатическим давлением / , близки к полученным при расчете плавучей опоры, плашкоут которых представляется в виде системы перекрестных балок.

5. В результате экспериментальных исследований установлено, что значения усилий в элементах близки к их расчетным значениям, определенным как по экспериментальным, так и по расчетным модулям деформации. При этом величины усилий существенно отличаются от их значений, полученных расчетом без учета смещений. В то же время установлено, что при отсутствии смещений / при сильно затянутых болтах / экспериментальные и расчетные усилия близки между собой.

6. Экспериментально и теоретически показано, что возможна значительная перегрузка крайних раскосов надстроек плавучих опор и потеря устойчивости раскосов от смещений в стыках плашкоута.

Установлено, что смещения в соединениях понтонов приводят к существенному изменению усилий в плашкоуте / уменьшение изгибающего момента и увеличение поперечной силы / и значительному увеличению усилий в крайних стойках надстройки.

7. Установлено, что применение величины смещений равной 10 мм для всех стыков плашкоута независимо от нагрузки приводит к необоснованному завышению фактических усилий в элементах надстроек плавучих опор и дополнительному расходу металла.

Более тщательный учёт особенностей работы вспомогательных сооружений согласно предложенной методики позволит получить экономию металла до 10% за счёт уменьшения площадей поперечного сечения элементов, что составит 46,2 руб. на I т конструкций.

8. На основании теоретических исследований установлено, что инвентарные конструкции типа МК-С можно использовать в качестве элементов надстроек плавучих опор. Экономический эффект от замены надстройки из УИМ на надстройки из МК-С составляет 204 руб. на I т конструкций. При этом нагрузка на плашкоут от веса надстройки снижается в 1,5 - 2 раза, себестоимость монтажа, демонтажа и нахождения в эксплуатации конструкций снижается в 1,8 раз, а затраты труда и срок выполнения работ по сооружению надстройки из МК-С в 3 раза меньше, чем для однотипной конструкции из УИМ.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Вейнблат Б.М., Должиков В.Н. К расчету инвентарных надстроек вспомогательных опор. - Тр. МАДИ, 1979, вып. 167, с. 114 - 117.

2. Вейнблат Б.М., Должиков В.Н. Рекомендации по методике расчета вспомогательных опор из элементов МК-С. - В альб. : Типовые решения специальных вспомогательных сооружений с применением МК-С и МК-П. - М. СКБ Главмосто - строя, 1979, с. 5 - 6.

3. Должиков В.Н. Расчет плашкоутов плавучих систем с учетом смещений в стыках понтонов. - В кн. : Исследования конструкций автомобильных и городских мостов. Сб. тр. - МАДИ. М., 1980, с. 103 - 108.

4. Должиков В.Н. Влияние смещений в соединениях на распределение усилий в элементах вспомогательных опор. - В сб.: Материалы научн. - техн. конф. молодых ученых / МАДИ. - ВНИИИС. - № 1993. - М., 1980, с. 78 - 81.

5. Должиков В.Н. Расчет плашкоутов плавучих систем по методу перекрестных балок. - В кн.: Строительная механика и расчет автодорожных конструкций. Сб. тр. / МАДИ. М., 1980, с. 84 - 86.

6. Должиков В.Н. Экспериментальные исследования работы вспомогательных опор с болтовыми соединениями элементов. - В кн. : Исследования автодорожных мостов и тоннелей. Сб. научн. тр. / МАДИ. М., 1981, с. 91 - 95.

7. Должиков В.Н. Расчет вспомогательных плавучих опор с относительно широкими плашкоутами. - В кн. : Прочность инженерных сооружений на транспорте. Сб. научн. тр. / МАДИ. М., 1982, с. 126 - 129 .

Подп. в печ. 30.01.84. БН № 04537. Формат 60×84¹/₁₆. Бум. тип. Офсетная печ.
Усл. печ. л. 0,8. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 100 экз. Заказ 4043. Бесплатно.

Днепропетровский институт инженеров
железнодорожного транспорта им. М. И. Калинина
320629, ГСП, г. Днепропетровск-10, ул. Академика В. А. Лазаряна, 2

ММН при ДПИ, 340066, Донецк, ул. Артема, 96, III уч. корп.

НТБ
ДНУЖТ