Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2024, Том 16, № 2 / 2024, Vol. 16, Iss. 2 https://esj.today/issue-2-2024.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/28SAVN224.pdf

2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Должиков, В. Н. Рекомендации по уточненной методике приближенного расчета вспомогательных опор из элементов МИК-С / В. Н. Должиков, О. А. Удотова // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 2. — URL: https://esj.today/PDF/28SAVN224.pdf

For citation:
Dolzhikov V.N., Udotova O.A. Recommendations on the refined methodology for the approximate calculation of auxiliary supports from MIC-C elements. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024;16(2): 28SAVN224. Available at: https://esj.today/PDF/28SAVN224.pdf. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 69.033.6

Должиков Владимир Николаевич
ФГБОУ ВО «Сочинский государственный университет», Сочи, Россия
Доцент кафедры «Строительства и сервиса»
Кандидат технических наук, доцент, Почетный работник высшего профессионального образования России
E-mail: doljikov_v@mail.ru

Удотова Ольга Анатольевна
ФГБОУ ВО «Сочинский государственный университет», Сочи, Россия
Заведующий кафедрой «Строительства и сервиса»
Кандидат технических наук, доцент, Почетный работник высшего профессионального образования России
E-mail: o.udotova@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6733-082X
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=650935
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57554881700

Рекомендации по уточненной методике приближенного расчета вспомогательных опор из элементов МИК-С

Аннотация. Область применения мостовых инвентарных конструкций являются временные сооружения на строительстве мостов. Из элементов МИК-С выполняются различного рода опоры, не подвергающиеся непосредственному воздействию подвижных или вибрационных нагрузок. Из элементов МИК-П выполняются различного рода прогоны, пакеты, в том числе под автодорожную и железнодорожную нагрузки с ограничением скорости движения. Специальные вспомогательные сооружения из МИК-С и МИК-П запроектированы под нагрузку от железнодорожного пролетного строения с ездой понизу пролетом 132 м (проект Гипротрансмоста № 64Р4-3) и сталежелезобетонного пролетного строения пролетом 63 м по типовому проекту инв. № 1180, серия 3.503-50. Для расчета пакетов под временные нагрузки приняты: — автодорожные нагрузки Н30 и НГ-60 при габарите 4,5 м; — железнодорожная нагрузка Н6 с ограничением движения до 25 км/час.

Вспомогательные временные опоры из элементов МИК-С предназначены для временной поддержки строящихся сооружений, не закрепленных ещё в проектном положении. В статье приводятся формулы для приближенного, с достаточной точностью, определения усилий в стойках временных опор по методу внецентренного сжатия и приводятся обоснования применения таких положений для практических расчетов. Уточненная методика приближённого расчета отличается учетом смещений в прикреплениях раскосов,

обусловленных разницей диаметров болтов и отверстий и деформациями смятия. Система рассчитывается как внутренне статически неопределимая. Расчет ведется по методу сил. Учет смещений в болтовых соединениях элементов, при теоретических исследованиях, учитывается путем введения модулей линейных деформаций элементов взамен модулей упругости стальных элементов. Приведена формула для определения модуля линейной деформации элементов при допущении одинаковых деформаций в узловых соединениях одного элемента. Приводится таблица с геометрическими характеристиками основных элементов в системе МИК-С и приближённые значения модулей линейной деформации.

Ключевые слова: усилия в элементах; деформации соединений; модуль линейной деформации; модуль упругости

Введение

Развитие народного хозяйства Российской Федерации предусматривает значительное увеличение транспортной сети, а также совершенствование как железнодорожных, так и автомобильных дорог. Особо широкое распространение за последние годы получили металлические мосты, позволяющие наиболее быстро, легко и эффективно перекрывать большие пролеты.

Систематические исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций от деформаций в узловых соединениях были предприняты с 1930-х годов в нашей стране и за рубежом [1].

В настоящее время, с развитием науки и технологий, поражают современные и внеклассные городские инженерные сооружения, относящиеся как к промышленному, так и к транспортному строительству.

При строительстве таких сооружений широко используют элементы МИК-С.

Комплект МИК-С включает 12 марок: трубчатые стойки, раскосы, распорки и цельносварные ростверки.

Наименование элемента — вес единицы, кг.

1. Элемент Л1 МИК-С СТО-2016 — 255,2 кг.
2. Элемент Л2 МИК-С СТО-2016 — 146,6 кг.
3. Элемент Л5 МИК-С СТО-2016 — 30 кг.
4. Элемент Л6 МИК-С СТО-2016 — 22 кг.
5. Элемент Л7 МИК-С СТО-2016 — 102,7 кг.
6. Элемент Л8 МИК-С СТО-2016 — 102 кг.
7. Элемент Л9 МИК-С СТО-2016 — 170 кг.
8. Элемент Л20 МИК-С СТО-2016 — 444,5 кг.
9. Элемент Л21 МИК-С СТО-2016 — 165,6 кг.
10. Элемент Л22 МИК-С СТО-2016 — 26 кг.
11. Элемент Л23 МИК-С СТО-2016 — 24 кг.
12. Элемент Л12 МИК-С СТО-2016 — 0,76 кг.

Стойки запроектированы из труб по ГОСТ 10704-91 «Трубы стальные электросварные» На концах стойки снабжены фланцами для примыкания друг к другу и к ростверкам и фасонками для присоединения раскосов, расположенными в вертикальных плоскостях, проходящих через ось трубы под углом 90 гр. друг к другу. С одной стороны стоек фланцы увеличены для присоединения распорок. Максимально допустимая осевая нагрузка на элементы «МИК-С» определяется расчетным путем при составлении ППР исходя из сортамента элементов.

Ростверки устанавливаются в основании и на верху опоры башенного типа из четырех стоек, расположенных по углам квадрата 2 м × 2 м. Все элементы инвентарных конструкций объединяются высокопрочными болтами (ВПБ) М24 ОСТ 35-02-72. Болты устанавливаются без очистки контактных поверхностей, без контроля натяжения — с помощью обычных гаечных ключей. Болт с гайкой и шайбой входит в комплект МИК-С.

Основной текст

Межузловые расстояния стоек и раскосов решетки соответственно равны 200 см и 283 см. Соединяющие решётки тяжи — 400 см, а раскос — 566 см. Площади поперечных сечений: стоек — 54,87 см^2; раскосов и распорок в решётках — 4,13 см^2; соединительных элементов решёток — 24,20 см^2. МИК-С можно эксплуатировать в климатическом районе I по ГОСТ 16350.

Область применения мостовых инвентарных конструкций являются временные сооружения на строительстве мостов. Из элементов МИК-С выполняются различного рода опоры, не подвергающиеся непосредственному воздействию подвижных или вибрационных нагрузок.

Из элементов МИК-П выполняются различного рода прогоны, пакеты, в том числе под автодорожную и железнодорожную нагрузки с ограничением скорости движения.

Специальные вспомогательные сооружения из МИК-С и МИК-П запроектированы под нагрузку от железнодорожного пролетного строения с ездой понизу пролетом 132 м (проект Гипротрансмоста № 64Р4-3) и сталежелезобетонного пролетного строения пролетом 63 м по типовому проекту инв. № 1180, серия 3.503-50.

Для расчета пакетов под временные приняты:

- автодорожные нагрузки Н30 и НГ-60 при габарите 4,5 м;
- железнодорожная нагрузка Н6 с ограничением движения до 25 км/час.

Принципы проектирования вспомогательных сооружений из МИК-С определяют ряд особенностей их работы, приведенных ниже [2]:

- податливость фундаментов стационарных опор;
- совместная работа надстроек и плашкоутов плавучих опор;
- влияние на НДС надстроек величины жесткости узлов;
- перераспределение усилий в системах от деформативности в узловых соединениях.

Отмеченные особенности, при выполнении расчетов вспомогательных сооружений, как правило, не учитываются. Это приводит как к недостаточной надежности одних элементов сооружения, так и к наличию излишних запасов прочности в других.

Стационарные временные опоры из элементов МИК-С представляют собой внешне и внутренне статически неопределимые решетчатые системы.

Существующая практика расчета вспомогательных опор основана на ряде используемых допущений:

- надстройки рассчитываются с учетом шарнирного соединения в узлах;
- часто пользуются приближенными способами, понижающими, а иногда и полностью исключающими степень статической неопределимости.

Способ расчета надстроек, разработанный в ЦНИИСе [3], основан на замене решетки стержневой конструкции сплошной энергетически эквивалентной тонкой стенкой при равенстве потенциальной энергии и энергии деформации раскосов.

Жесткость стенки определяется по формуле:

$$G\delta = EF_p\, ab/l^3,$$

где E, G — модули упругости раскоса и стенки; δ — толщина стенки; F_p — площадь раскоса; a, b — размеры панели конструкции; l — длина раскоса.

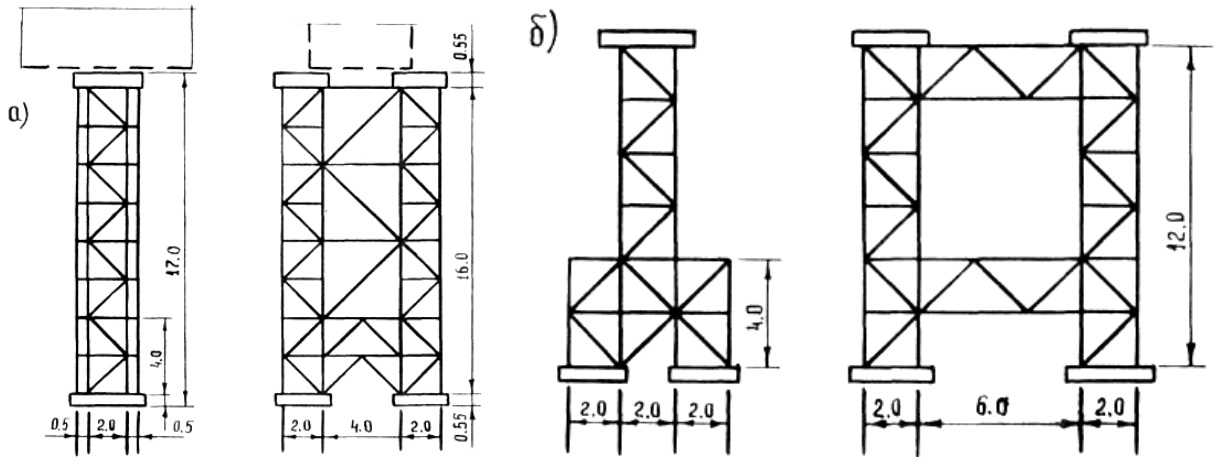

Рисунок 1. *Схемы вспомогательных опор из элементов МИК-С: а — для полунавесной сборки; б — для продольной надвижки (рисунок автора)*

Узлы временных опор из элементов МИК-С показаны на рисунке 2.

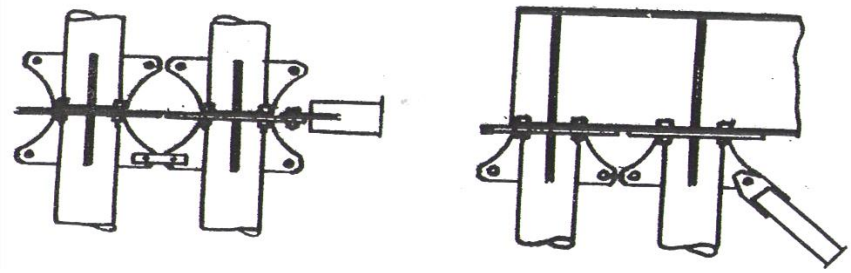

Рисунок 2. *Узлы временных опор из элементов МИК-С (рисунок автора)*

В результате выполненных ЦНИИСом и СКБ Главмостостроя исследований инвентарных конструкций различных типов и обобщения опыта их применения были подготовлены предложения, а затем разработаны новые инвентарные конструкции типа МИК-С и МИК-П. В основе создания этих конструкций были приняты следующие положения:

- подавляющий объем инвентарных конструкций используется для вспомогательных сооружений стоечного типа (надстроек опор для полунавесной сборки и

продольной передвижки, надстроек перекаточных пирсов, надстроек плавучих опор) при относительно редком применении конструкций типа ферм. Поэтому область применения новых конструкций ограничивается надстройками вспомогательных опор [4; 5];

- для снижения трудоемкости монтажа принято минимальное количество элементов конструкции и минимальное количество болтов в соединении. С этой целью сечения элементов приняты трубчатыми, а соединения трубчатых стоек фланцевые[1];
- для уменьшения веса элементов и обеспечения возможности использования конструкции МИК-С в северо-климатической зоне изготовление элементов предусмотрено из стали повышенной прочности.[2]

Схемы вспомогательных опор из элементов МИК-С показаны на рисунке 1.

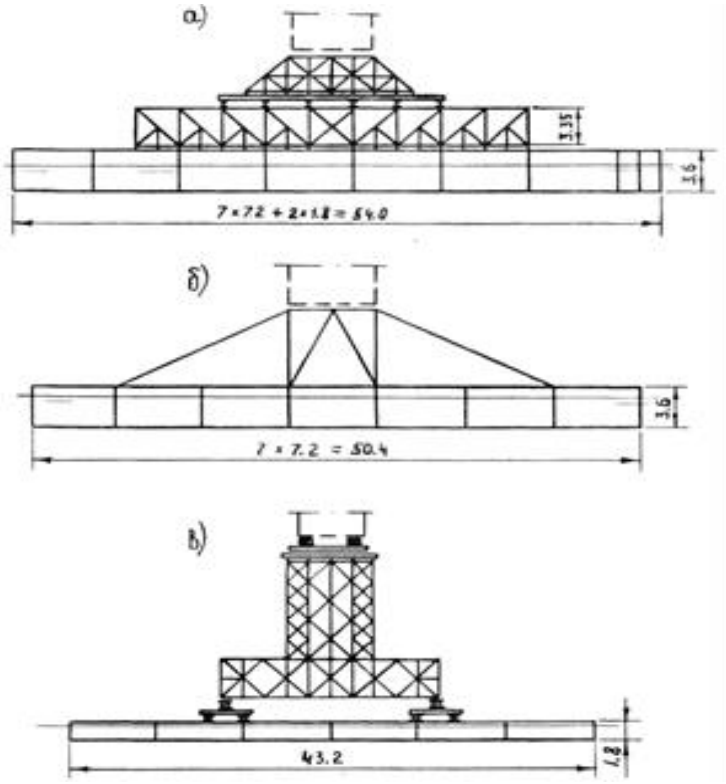

Рисунок 3. *Схемы плавучих опор: а — распределительная ферма, работающая совместно с плашкоутом; б — шпренгельная ферма, работающая совместно с плашкоутом; в — распределительная ферма, сосредоточенно опирающаяся на нижний балочный ростверк (рисунок автора)*

Уже первый опыт применения конструкций МИК-С указал на их высокую эффективность. Так, по результатам хронометражных наблюдений за сборкой и разборкой МИК-С по данным работы[3] применение стоечных конструкций, в сравнении с УИКМ-60,

[1] Типовые решения специальных вспомогательных сооружений с применением МИК-С и МИК-П. — М.: СКБ Главмостостроя, 1979. — 36 л.

[2] Отчет по НИР. — Новые мостовые инвентарные конструкции (МИК), пригодные для северной строительно-климатической зоны. — Раздел 3. — Испытание опытных узлов (МИК) на полигоне ЦНИСа. — М.: ЦНИИС, I976.

[3] Новые мостовые инвентарные конструкции / Каменцев В.П., Мойжес Л.В., Лифшиц И.Л., Осипов Г.Б., Тавровский А.А. — Транспортное строительство, 1978, № 5, с. 10–11.

позволяет в 2–3 раза снизить трудоемкость монтажа при сборке вспомогательных опор. Масса МИК-С меньше однотипных конструкций из УИКМ на 10–30 %.[4] Количество монтажных элементов сократилось в 7 раз, а количество болтов в 6–8 раз.

К инвентарным вспомогательным конструкциям относятся также понтоны типа КС, используемые в качестве элементов плавучих средств различного назначения, в частности плавучих опор для перевозки и монтажа пролетных строений. Понтоны типа КС представляют собой стальную прямоугольную коробку с размерами сторон 1,8×3,6×7,2 м. Конструкция понтонов допускает возможность их взаимного соединения болтами по всем трем плоскостям — бортам, палубе и торцам.

Создание парка инвентарных понтонов освобождает мостостроительные организации от необходимости использования барж различных типов и размеров. Применение понтонов в качестве элементов плавучих опор, а иногда и в качестве надстроек обусловлено способностью их воспринимать большие изгибающие моменты, а также большие сосредоточенные нагрузки. Эти особенности позволяют относить инвентарные понтоны к группе вспомогательных конструкций универсального назначения.

В настоящей работе приводится уточненная Методика приближенного расчета временных опор из инвентарных элементов МИК-С. Опора (рис. 4 а, б) в расчетном отношении представляет собой решетчатую систему с внутренней и внешней статической неопределимостью [6–11].

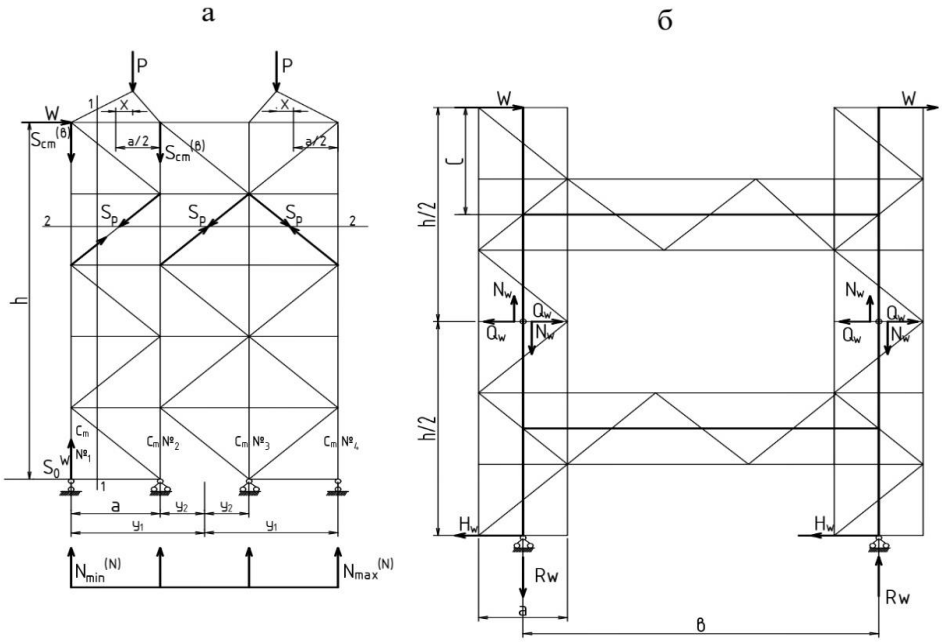

Рисунок 4. *Расчетная схема вспомогательной опоры для надвижки пролетных строений: а — для опор со сплошным решетчатым заполнением; б — для опор, имеющих рамную схему (рисунок автора)*

По величине отношения высоты сечения стоек к межузловым расстояниям, стойки должны рассматриваться как элементы, не имеющие шарниров в узлах.[5]

[4] Новые мостовые инвентарные конструкции стоечные МИК-С. — Реферативный сборник. — М.: Оргтрансстрой, 1979, № 1, с. 9.

[5] СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*" (с Поправкой, с Изменением N 1).

Приближенный и достаточно точный, для целей практики, расчет основывается на следующих положениях:

Для опор со сплошным решетчатым заполнением (рис. 2 а):

- стойки рассматриваются как элементы, соединяемые в узлах шарнирами, а жесткость узлов учитывается путем умножения расчетных сопротивлений на понижающий коэффициент условия работ m = 0,95;
- распределение опорных реакций в стойках нижней панели принимается по методу внецентренного сжатия;
- поперечные силы, действующие по вертикальным и горизонтальным разрезам (рис. 2 а), распределяются между попадающими в разрез раскосами равномерно.

Для опор, имеющих рамную схему (рис. 2 б), учитывается следующее положение:

- Решетчатая система рассматривается в виде эквивалентной рамы с шарнирами в стойках, расположенных посередине расстояния между ригелями (рис. 2 б). Горизонтальные реакции в шарнирах от действия на надстройку горизонтальных нагрузок распределяются между шарнирами поровну.

Усилия в стойках S_{cm} и в раскосах S_p определяют по формулам:

$$S_{cm} = \frac{M}{a} + \frac{N}{2};$$

$$S_p = \frac{Qw}{\cos 45},$$

где $\boldsymbol{M}$, $\boldsymbol{N}$, $\boldsymbol{Q_W}$ — изгибающий момент, продольная и поперечная сила в элементах (стойках и ригелях) рамы.

Основаниями для приведенных положений являются:

- результаты проверочных расчётов опор, выполненных с учетом неразрезности стоек в узлах;
- выявленное, в процессе расчетных исследований работы опор выравнивание усилий в раскосах при учете смещений элементов в узлах вследствие разницы диаметров болтов и отверстий и развития деформаций смятия;
- существующая практика расчета свайных фундаментов и фундаментов мелкого заложения при учете распределения нагрузок на основание по методу внецентренного сжатия.

Учитывая вышеизложенные положения, для опоры со сплошным решетчатым заполнением (рис. 2 а) усилия в элементах будут иметь следующий вид:

- усилия в стойках нижней панели будут равны:

$$S_{cm}^{(н)} = \frac{P}{n} + \frac{Wh\, y_1}{\Sigma\, y_1^2};$$

- усилия в стойках верхней панели:

  в стойке № 1:

Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

$$S_{cm}^{(в)} = \frac{P*1-x}{2};$$

в стойке № 2:

$$S_{cm}^{(в)} = \frac{P*1+x}{2}.$$

Усилия в раскосах от вертикальной нагрузки:

$$S_p = \frac{S_{cm}^{(в)} - S_{cm}^{(н)}}{n_1 * \cos 45},$$

где n_1 — число раскосов, попадающих в разрез 1-1.

Усилия в стойках промежуточных панелей (кроме верхних и нижних панелей) определяются посредством вырезания узлов по известным усилиям в стойках крайних панелей и раскосах.

$$S_p = \frac{W}{n_2 * \cos 45},$$

где n_2 — число раскосов, попадающих в разрез 2-2.

Для опоры рамного типа (рис. 3 б) эпюры усилий в элементах эквивалентной рамы (верхней симметричной части) показаны на рисунке 3.

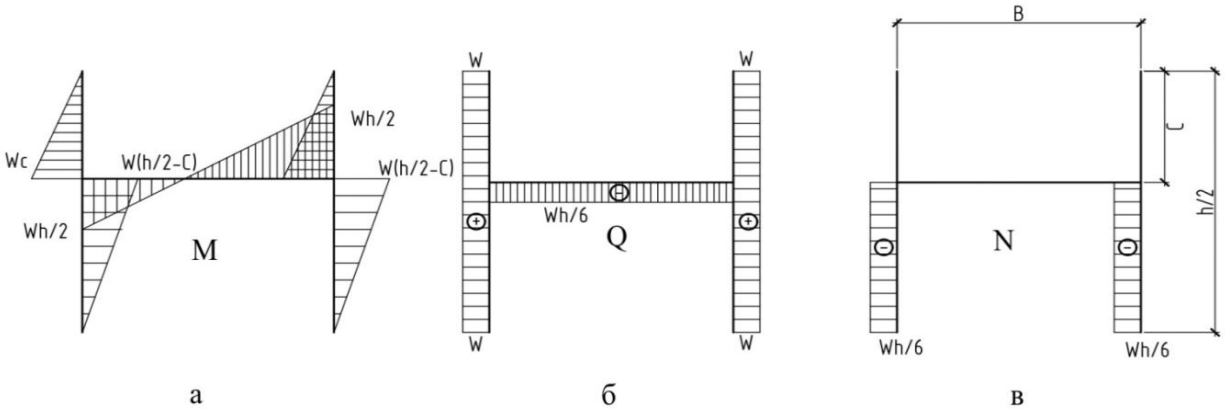

Рисунок 3. *Усилия в элементах эквивалентной рамы верхней симметричной части (рисунок автора)*

В процессе исследований работы вспомогательных опор [12] выявлены наличие смещений в узлах элементов.

Необходимость учета деформативности сопряжений подтверждается в работах [9–12]. Отмечается, что жесткие узлы стержневых конструкций в действительности деформативны, а шарнирные способны воспринимать моменты. В работах [13–18][6] показано, что деформативность в узловых соединениях приводит к резкому перераспределению внутренних усилий.

[6] Зуева И.И. Экспериментально-теоретическое исследование структурных конструкций из прокатных профилей на болтах нормальной точности: Автореф. дисс. канд. техн. наук. М., 1976. 19 с.

Уточненная методика приближённого расчета отличается учетом смещений в прикреплениях раскосов, обусловленных разницей диаметров болтов и отверстий и деформациями смятия. Система рассчитывается как внутренне статически неопределимая. Расчет ведется по методу сил. Учет смещений в болтовых соединениях элементов, при теоретических исследованиях, учитывался путем введения модулей линейных деформаций элементов взамен модулей упругости.

Начальные модули линейной деформации принимаются в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Модуль линейной деформации элемента Еэ (т/см^2)

Элемент опоры МИК-С	Л5	Л6	Л7	Л8
Площадь поперечного сечения (см^2)	14,13	14,13	24,2	24,2
Расстояние между узлами (мм)	2 830	2 000	5 650	4 000
Еэ в т/см^2	193,0	263,0	221,0	300,0

Составлено авторами

Опорные реакции и усилия в сойках нижней панели определяется также, как и в случае приближенного расчета.

Заключение

Уточненная методика приближённого расчета отличается учетом смещений в прикреплениях раскосов, обусловленных разницей диаметров болтов и отверстий и деформациями смятия. Учет смещений выполняется посредством замены модулей упругости элементов на модули линейной деформации.

Предложенные модули линейной деформации элементов Еэ используются для уточненного приближенного расчета временных вспомогательных опор. Для получения точного расчета необходимо продолжить расчет итерационным методом с поэтапным уточнением предложенных модулей линейных деформаций элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьин М.Ю., Фомин Н.И. Метод учета податливости в узлах металлических конструкций зданий // Академич. вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. С. 72–74.
2. Должиков В.Н. Влияние податливости болтовых соединений на работу вспомогательных опор для строительства мостов. Обзор. // Международный журнал экспериментального образования. — 2016. — № 11-2. — С. 243–248.
3. Fisher I.W. and Rumpf I.Z. Analysis of Bolted Butt Joints. Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 91, Ho.ST5, Proc. Paper 4513, oct. 1965, pp. 181–203.
4. Каменцев В.П. Исследование новых конструкций МИК с разработкой предложений по их внедрению в северной строительно-климатической зоне. — В рефер. сб.: Мостостроение. — М., 1974, № 4, с. 11.
5. Вейнблат Б.М., Бунеев Г.И. Расчёт сооружений с несущими высокопрочными болтами. — Тр. МАДИ, 1975, вып. 77, с. 37–42.

6. Вейнблат Б.М., Должиков В.Н. Рекомендации по Методике приближенного расчета вспомогательных опор из элементов МИК-С // Альбом «Типовые решения специальных вспомогательных сооружений с применением МИК-С и МИК-П. — М.: Главмостострой, 1979. 36 л.

7. Должиков В.Н., Удотова О.А. Влияние податливости узловых соединений на напряженно-деформированное состояние металлических стержневых систем // Известие вузов. Строительство. 2023. № 11. С. 15–25. DOI: 10.32683/0536-1052-2023-779-11-15-25.

8. Васильков Б.С., Володин Н.М. Расчет сборных конструкций зданий с учетом податливости соединений. — М.: Стройиздат, 1985. — 144 с.

9. Матков Н.Г., Филиппов Б.П., Сулейман-Шериф. Прочность и деформативность железобетонных колонн каркаса многоэтажных зданий. М.: Стройиздат, 1970. С. 34–61.

10. Котляр Н.Л., Соловьев-Холмогоров В.В. Исследование деформаций стыковых соединений каркасных конструкций // Исследования прочности и расчет конструкций многоэтажных зданий. М., 1979.

11. Байков В.Н., Фролов А.К. Анализ деформируемости узлового соединения ригелей с колоннами // Бетон и железобетон, 1978, № 2. С. 26–28.

12. Быченков Ю.Д., Мусатов С.А., Тябликов Ю.Е. Прочность и деформативность стыков колонн и жестких узлов железобетонных каркасов многоэтажных зданий при сейсмических воздействиях // Стыки сборных железобетонных конструкций. М. 1970.

13. Трофимов В.И., Мкрчанц Ю.С., Третьякова Э.В., Чернов Ю.А., Землеруб В.А., Секретов А.Н., Олесов И.П., Козленкова А.П. Структурные конструкции из прокатных профилей // Промышленное строительство. 1974. № 8. С. 37–41.

14. Трофимов В.И., Бегун Г.Б. Структурные конструкции. М.: Стройиздат, 1972. 272 с.

15. Трофимов В.И. Исследования и расчёт новых типов металлических опор линий электропередачи. М.: Энергия, 1968. 423 с.

16. Трофимов В.И., Третьякова Э.В., Зуева И.И. Учет влияния податливости болтового соединения на работу структурной конструкции // Строительная механика и расчёт сооружений. 1976. № 1. С. 24–26.

17. Трофимов В.И. Экспериментальная проверка работы унифицированных стальных опор линий электропередачи с болтовыми узлами и рекомендации по их расчету // Промышленное строительство. 1961. № 3, С. 49–52.

18. Трофимов В.И. Влияние сдвигов в узловых соединениях на распределение внутренних усилий в опорах ЛЭП, собранных на болтах // Тр. научн. — теорет. конференции ВЗИСИ. М., 1960 С. 84–86.

Dolzhikov Vladimir Nikolaevich
Sochi State University, Sochi, Russia
E-mail: doljikov_v@mail.ru

Udotova Olga Anatolyevna
Sochi State University, Sochi, Russia
E-mail: o.udotova@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6733-082X
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=650935
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57554881700

Recommendations on the refined methodology for the approximate calculation of auxiliary supports from MIC-C elements

Abstract. The scope of application of bridge inventory structures are temporary structures in the construction of bridges. Various types of supports are made of MIC-C elements that are not directly exposed to mobile or vibration loads. Various types of runs and packages are performed from the elements of the MIC-P, including for road and railway loads with a speed limit. Special auxiliary structures made of MIC-C and MIC-P are designed to be loaded from a railway superstructure with a lower span of 132 m (Giprotransmost project No. 64R4-3) and a steel-reinforced concrete superstructure with a span of 63 m according to a standard inv project. No. 1180, series 3.503-50. To calculate packages for temporary loads, the following are accepted: — road loads H30 and NG-60 with a size of 4,5 m; — railway load H6 with a traffic limit of up to 25 km/h. Auxiliary temporary supports made of MIC-C elements, developed by the Special Design Bureau of Glavmoststroy, are intended for temporary support of structures under construction that are not yet fixed in the design position. The article provides formulas for approximate, with sufficient accuracy, determination of forces in the racks of temporary supports using the method of off-center compression and provides justification for the application of such provisions for practical calculations. The refined method of approximate calculation differs by taking into account the displacements in the bracing attachments due to the difference in the diameters of bolts and holes and crumpling deformations. The system is calculated as internally statically undetectable. The calculation is carried out according to the method of forces. Consideration of displacements in bolted joints of elements, in theoretical studies, is taken into account by introducing modules of linear deformations of elements instead of elastic modules of steel elements. The formula for determining the modulus of linear deformation of elements is given, assuming the same deformations in the nodal joints of one element. A table with the geometric characteristics of the main elements in the MIC-C system and approximate values of linear deformation modules is presented.

Keywords: forces in elements; deformations of joints; modulus of linear deformation; modulus of elasticity