МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ПРИ ПРОПУСКЕ СВЕРХНОРМАТИВНОЙ НАГРУЗКИ ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ

Москва 1989

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ПРИ ПРОПУСКЕ СВЕРХНОРМАТИВНОЙ НАГРУЗКИ ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ

Утверждены зам.директора Союздорнии
канд.техн.наук В.М.Юмашевым

Москва 1989

УДК 624.21.012.45.093.042.8

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ПРИ ПРОПУСКЕ СВЕРХНОРМАТИВНОЙ НАГРУЗКИ ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ. Союздорнии. М., 1989.

Составлены на основе экспериментальных и теоретических исследований фактической несущей способности железобетонных балочных пролетных строений автодорожных и городских мостов с учетом опыта применения методических рекомендаций Тбилисским отделением Гидропроекта им.Я.С.Жука, Союздорнии и ПО "Гордормост" (г.Москва).

Предложен вероятностный метод расчета сечений железобетонных элементов на прочность по изгибающему моменту и поперечной силе. Рекомендовано учитывать характер распределения несущей способности сечения по прочности при определении грузоподъемности пролетного строения.

Рассмотрены вопросы определения несущей способности сечений с нормальной трещиной и при наличии арматуры, пораженной коррозией.

Предложено ограничивать частоту пропуска сверхнормативных нагрузок в зависимости от ширины раскрытия трещин.

Приведена программа расчета на ЭВМ сечений изгибаемых железобетонных элементов.

Применение настоящих Методических рекомендаций позволит увеличить временные вертикальные нагрузки от подвижного состава на пролетные строения, рассчитанные по действующим и ранее разработанным нормам, с одновременным обеспечением требуемого уровня их надежности.

Табл.4, рис.1, библ.15.

© Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт, 1989.

УДК 624.21.012.45.093.042.8

Предисловие

С развитием энергетической, химической и других отраслей промышленности обострилась проблема доставки тяжелых грузов (различных агрегатов, узлов, трансформаторов, парогенераторов и т.п. массой до $600 \cdot 10^3$ кг и более), которые по условиям монтажа и эксплуатации необходимо собирать в заводских условиях и транспортировать на объекты в состоянии максимальной заводской готовности. Этим обусловлено увеличение выпуска многоосных многоколесных автомобилей с прицепами и полуприцепами. Нагрузки, создаваемые грузами данного типа совместно с транспортными средствами, часто оказываются сверхнормативными для пролетных строений мостов и путепроводов. Причем количество сверхнормативных нагрузок, которые требуется пропустить по автодорожным мостам и путепроводам, возрастает в среднем на 10% в год. Это вызывает необходимость оценивать возможность пропуска таких нагрузок по автодорожным мостам и путепроводам.

Принятая на практике методика расчета железобетонных конструкций мостов и путепроводов (по СНиП 2.05.03-84) и "Инструкция по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений автодорожных мостов" ВСН 32-78 (М.: Транспорт, 1979) раздельно учитывают входящие в расчет случайные величины (прочностные характеристики материалов, временную вертикальную нагрузку и т.д.), не учитывая при этом характер распределения несущей способности сечений конструкции. Это приводит к завышению запаса прочности конструкций.

Настоящие Методические рекомендации основаны на расчете сечений изгибаемых железобетонных элементов

методом статистических испытаний (методом Монте - Карло) и предусматривают оценку реальной грузоподъемности балок железобетонных пролетных строений автодорожных мостов и путепроводов как при эпизодическом (разовом), так и регулярном пропуске сверхнормативной нагрузки.

Применение Методических рекомендаций позволяет выявить и использовать резервы несущей способности железобетонных балок пролетных строений для восприятия временной вертикальной нагрузки, т.е. увеличить временные вертикальные нагрузки на пролетные строения, рассчитанные по действующим и уже отмененным нормам, с одновременным обеспечением требуемого уровня их надежности.

В настоящих Методических рекомендациях приведены блок-схема, состав исходных данных и программа расчета сечений изгибаемых железобетонных элементов на прочность, написанная на языке Фортран, и необходимые для пользования программой характеристики прочностных свойств арматуры и бетона различных классов.

Методические рекомендации разработали инж.В.М.Чачанашвили и канд.техн.наук Б.П.Белов.

Замечания и предложения по данной работе просьба направлять по адресу: 143900, г.Балашиха-6 Московской обл., Союздорнии.

1. Общие положения

1.1. Настоящие Методические рекомендации разработаны в развитие некоторых положений "Инструкции по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений автодорожных мостов" ВСН 32-78 и предназначены для оценки действительной грузоподъемности железобетонных пролетных автодорожных мостов с целью определить возможность эпизодического (разового) или регулярного пропуска сверхнормативной нагрузки.

1.2. Для оценки грузоподъемности пролетного строения предварительно определяют усилие от сверхнормативной нагрузки на одну балку (желательно современными пространственными методами расчета) и несущую способность в ее расчетных сечениях, т.е. предельное усилие, которое может воспринимать сечение из условия достижения предельного состояния по прочности и трещиностойкости.

1.3. Несущую способность сечений по прочности определяют вероятностным методом расчета, который устанавливает однозначное соответствие вероятности разрушения запасу прочности, учитывая при этом реальный совместный статистический разброс прочностных характеристик арматуры и бетона, параллельную работу всех рабочих стержней арматуры (ее многоэлементность) и документально зафиксированные данные обследования сооружения (геометрические размеры сечений, армирование, класс бетона, наличие и характер дефектов, снижающих грузоподъемность, и т.д.).

1.4. Несущую способность сечений по трещиностойкости определяют расчетом ширины раскрытия трещин в соответствии с п.3.105-3.110 СНиП 2.05.03-84 и настоящими рекомендациями, принимая допустимую частоту обращения сверхнормативных нагрузок в зависимости от предельного значения расчетной ширины раскрытия трещин.

1.5. Регулярный пропуск сверхнормативной нагрузки возможен лишь в том случае, если грузоподъемность пролетного строения достаточна по условиям прочности и трещиностойкости.

Если грузоподъемность удовлетворяет лишь условию прочности, то допускается разовый пропуск сверхнормативной нагрузки. При этом фиксируется ширина раскрытия трещин. Если фактическая ширина раскрытия трещин не превышает допустимой по СНиП 2.05.03-84, регулярный пропуск сверхнормативной нагрузки может быть разрешен при условии периодической оценки (не реже 1 раза в месяц) состояния моста. В противном случае допустим лишь разовый пропуск такой нагрузки не чаще 1 раза в год при соответствующем наблюдении.

1.6. Скорость движения нагрузки по пролетному строению не должна превышать 10 км/ч. Динамический коэффициент γ_f при этом рекомендуется принимать равным 1,0 /7/.

1.7. Коэффициент надежности по нагрузке рекомендуется принимать равным 1,0 в том случае, если точно известны масса перевозимого груза и транспортного средства и нагрузка на каждую ось. В противном случае коэффициент принимается равным 1,1.

2. Определение расчетного сопротивления многоэлементной арматуры при расчете на прочность и его среднеквадратичного отклонения

2.1. Расчетное сопротивление многоэлементной арматуры R при расчете на прочность следует определять по формуле /15/:

$$R = K_n R_1, \qquad (1)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий повышение расчетного сопротивления арматуры в зависимости от числа стержней (проволок) в сечении и определяемый по табл.1;

R_1 – расчетное сопротивление арматуры при числе стержней (проволок) $n = 1$; для ненапрягаемой арматуры $R_1 = R_s$, для напрягаемой $R_1 = R_p$.

Таблица 1

Число стержней (проволок)	K_n для арматуры		
	Стержни из стали диаметром до 32 мм класса		Высокопрочная проволока гладкая и периодического профиля диаметром до 3-6 мм
	A-I, A-II	A-III, A-IУ	
1	1,00	1,00	1,00
10	1,06	1,06	1,05
15	1,14	1,17	1,12
20	1,18	1,22	1,16
24	1,19	1,24	1,17
32	–	–	1,18
48	–	–	1,20
120	–	–	1,22
200	–	–	1,23
400	–	–	1,24
1000	–	–	1,24
>1000	–	–	1,25

Далее по тексту расчетное сопротивление арматуры при расчете на прочность принимают с учетом ее многоэлементности.

2.2. Среднеквадратичное отклонение $\hat{R}$ сопротивления многоэлементной арматуры при расчете на прочность $\tilde{R}$ следует определять по формуле

$$\hat{R} = \frac{\bar{R} - K_n R_1}{\bar{R} - R_1} \hat{R}_1, \qquad (2)$$

где $\hat{R}$ – среднее значение сопротивления арматуры при расчете на прочность; принимают по табл.2;

$\hat{R}_1$ – среднеквадратичное отклонение сопротивления одного стержня (проволоки) арматуры при расчете на прочность; принимают по табл.2.

Таблица 2

Класс арматурной стали	Среднее значение $\hat{R}$, МПа (кгс/см2)	Среднеквадратичное отклонение $\hat{R}_1$, МПа (кгс/см2)	Коэффициент вариации V, %
А-I	282(2880)	23(239)	8,30
А-II	340(3450)	24(241,5)	7,00
А-III	450(4592)	30(321)	7,00
А-1У	700(7120)	63(641)	9,00
А-У	900(9177)	80(816)	9,00
В-II	1785(18200)	119(1212)	6,66

Далее по тексту среднеквадратичное отклонение сопротивления арматуры при расчете на прочность принимают с учетом ее многоэлементности.

3. Расчет несущей способности сечений по прочности

3.1. Расчет несущей способности сечений, нормальных к продольной оси изгибаемых элементов

3.1.1. Расчет тавровых, двутавровых и коробчатых сечений с границей сжатой зоны, проходящей в ребре, на действие изгибающего момента М должен выполняться по СНиП 2.05.03-84 из условия

$$M \leq \tilde{R}_b b \tilde{x} (h_o - 0{,}5\tilde{x}) + \tilde{R}_b (b'_f - b) h'_f (h_o - 0{,}5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_{o1} - a'_s) + (R_{pc} - \sigma_{pc1})(h_o - a'_p), \quad (3)$$

при этом высоту сжатой зоны бетона $\tilde{x}$ следует определять из формулы

$$\tilde{R}_p A_p + \tilde{R}_s A_s - R_{sc} A_s' - (R_{pc} - \sigma_{pc1}) A_p' = \tilde{R}_b b \tilde{x} + (b_f' - b) \tilde{R}_b h_f' , \quad (4)$$

где $\tilde{R}_b$ – случайное значение сопротивления бетона осевому сжатию;

b – ширина прямоугольного сечения или толщина стенки (ребра) таврового, двутаврового и коробчатого сечений;

$\tilde{x}$ – случайное значение высоты сжатой зоны бетона;

h_o – рабочая высота сечения;

b_f' – ширина пояса таврового, двутаврового и коробчатого сечений в сжатой зоне;

h_f' – приведенная (включая вуты) высота сжатого пояса таврового, двутаврового и коробчатого сечений;

R_{pc}, R_{sc} – расчетные сопротивления соответственно напрягаемой и ненапрягаемой арматуры сжатию;

A_s, A_s' – площадь сечения ненапрягаемой растянутой и сжатой продольной арматуры соответственно;

h_{o1} – расстояние от центра тяжести растянутой ненапрягаемой продольной арматуры до сжатой грани сечения;

a_s', a_p' – расстояния от центра тяжести сжатой соответственно ненапрягаемой и напрягаемой продольной арматуры до ближайшей грани сечения;

σ_{pc1} – расчетное напряжение (за вычетом всех потерь) в напрягаемой арматуре, расположенной в сжатой зоне;

$\tilde{R}_p, \tilde{R}_s$ – случайные значения сопротивления соответственно напрягаемой и ненапрягаемой арматуры растяжению;

A_p, A_p' – площадь сечения напрягаемой растянутой и сжатой продольной арматуры соответственно.

3.2. Расчет несущей способности сечений, наклонных к продольной оси элементов

Расчет на действие поперечных сил по наклонным трещинам

3.2.1. Расчет наклонных сечений элементов с поперечной арматурой на действие поперечной силы Q следует выполнять в соответствии со СНиП 2.05.03-84 из условия

$$Q \leqslant m_{a4} \sum \tilde{R}_s A_{si} \sin\alpha + m_{a4} \sum \tilde{R}_s A_{sw} + m'_{a4} \sum \tilde{R}_p A_p \sin\alpha' + \\ + m'_{a4} \sum \tilde{R}_p A_{pw} + \tilde{Q}_b , \qquad (5)$$

где m_{a4} – коэффициент, учитывающий условия работы стержневой арматуры; $m_{a4} = 0{,}8$;

m'_{a4} – коэффициент, учитывающий условия работы арматуры из высокопрочной проволоки, арматурных канатов класса К-7 и стальных канатов со спиральной и двойной свивкой и закрытых; $m'_{a4} = 0{,}7$;

$m_{a4} \sum \tilde{R}_s A_{si} \sin\alpha$, $m_{a4} \sum \tilde{R}_s A_{sw}$ – случайные значения суммы проекций усилий всей пересекаемой (соответственно наклонной и нормальной к продольной оси элемента) арматуры при длине C проекции сечения (не превышающей $2h_0$ и значения C_0, соответствующего условию, при котором поперечная сила, воспринимаемая поперечной арматурой, равна поперечной силе, воспринимаемой бетоном);

$m'_{a4} \sum \tilde{R}_p A_{pi} \sin\alpha'$, $m'_{a4} \sum \tilde{R}_p A_{pw}$ – то же, напрягаемой арматуры, имеющей сцепление с бетоном; если напрягаемая арматура не имеет сцепления с бетоном, то случайное значение сопротивления $m_{a4} \tilde{R}_p$ следует принимать равным установившемуся предварительному напряжению σ_{pw1} в напрягаемой арматуре;

α, α' – углы наклона соответственно стержней и пучков к продольной оси элемента в местах пересечения наклонного сечения;

$\tilde{Q}_в$ – случайное значение поперечного усилия, передаваемого на бетон сжатой зоны над концом наклонного сечения;

$$\tilde{Q}_в = \frac{2\tilde{R}_{вt} в h_o^2}{C}; \qquad (6)$$

$\tilde{R}_{вt}$ – случайное значение сопротивления бетона осевому растяжению;

$в, h_o$ – соответственно толщина стенки (ребра) или ширина сплошной плиты и расчетная высота сечения, пересекающего центр сжатой зоны наклонного сечения;

C – длина проекции наиболее невыгодного наклонного сечения на продольную ось элемента, определяемая сравнительными расчетами.

Расчет на действие изгибающих моментов

3.2.2. Расчет наклонных сечений на действие изгибающих моментов следует производить в соответствии со СНиП 2.05.03-84 из условия

$$M \leq \tilde{R}_s A_s z_s + \sum \tilde{R}_s A_{sw} z_{sw} + \sum \tilde{R}_s A_{si} z_{si} +$$

$$+ \tilde{R}_p A_p z_p + \sum \tilde{R}_p A_{pw} z_{pw} + \sum \tilde{R}_p A_{pi} z_{pi}, \qquad (7)$$

где M – изгибающий момент относительно оси, проходящей через центр сжатой зоны наклонного сечения, от расчетных нагрузок, расположенных по одну сторону от сжатого конца сечения;

$z_s, z_{sw}, z_{si}; z_p, z_{pw}, z_{pi}$ – расстояния соответственно от ненапрягаемой и напрягаемой арматуры до точки приложения равнодействующей усилий в сжатой зоне бетона в сечении, для которого определяется момент.

3.2.3. Для железобетонных элементов с поперечной арматурой должно быть соблюдено условие, обеспечивающее прочность по сжатому бетону между наклонными трещинами (по СНиП 2.05.03-84):

$$Q \leq 0{,}3\,\varphi_{w1}\,\tilde{\varphi}_{b1}\,\tilde{R}_b\,b\,h_0, \qquad (8)$$

где Q – поперечная сила на расстоянии не менее h_0 от оси опоры;

$$\varphi_{w1} = 1 + \eta\, n_1\, \mu_{w1}; \qquad (9)$$

η – коэффициент; $\eta = 5$ – при хомутах, нормальных к продольной оси элемента, $\eta = 10$ – наклонных (под углом 45°);

n_1 – отношение модулей упругости арматуры и бетона, определяемое по п.3.48 СНиП 2.05.03-84;

$$\mu_{w1} = \frac{A_{sw}}{b\,S_w}; \qquad (10)$$

A_{sw} – площадь сечения ветвей хомутов, расположенных в одной плоскости;

S_w – расстояние между хомутами по нормали к ним;

$\tilde{\varphi}_{b1}$ – коэффициент, определяемый по формуле

$$\tilde{\varphi}_{b1} = 1 - 0{,}01\,\tilde{R}_b. \qquad (11)$$

В формуле (11) случайное значение сопротивления $\tilde{R}_b$ принимается в МПа.

4. Определение несущей способности сечений по прочности ,которую можно использовать для восприятия подвижной временной вертикальной нагрузки

4.1. Предельную несущую способность сечений по изгибающему моменту $M^{пр}_{вр}$ и по поперечной силе $Q^{пр}_{вр}$, которую можно использовать на восприятие подвижной временной вертикальной нагрузки, следует определять /14/ исходя из условий:

$$\Phi\left[\frac{\bar{M} - M^{пр}_{вр} - M^{р}_{пост}}{\hat{M}}\right] = 0{,}49865; \qquad (12)$$

$$\Phi\left[\frac{\bar{Q} - Q^{пр}_{вр} - Q^{р}_{пост}}{\hat{Q}}\right] = 0{,}49865; \qquad (13)$$

$$M^{пр}_{вр} = \bar{M} - 3\hat{M} - M^{р}_{пост}; \qquad (14)$$

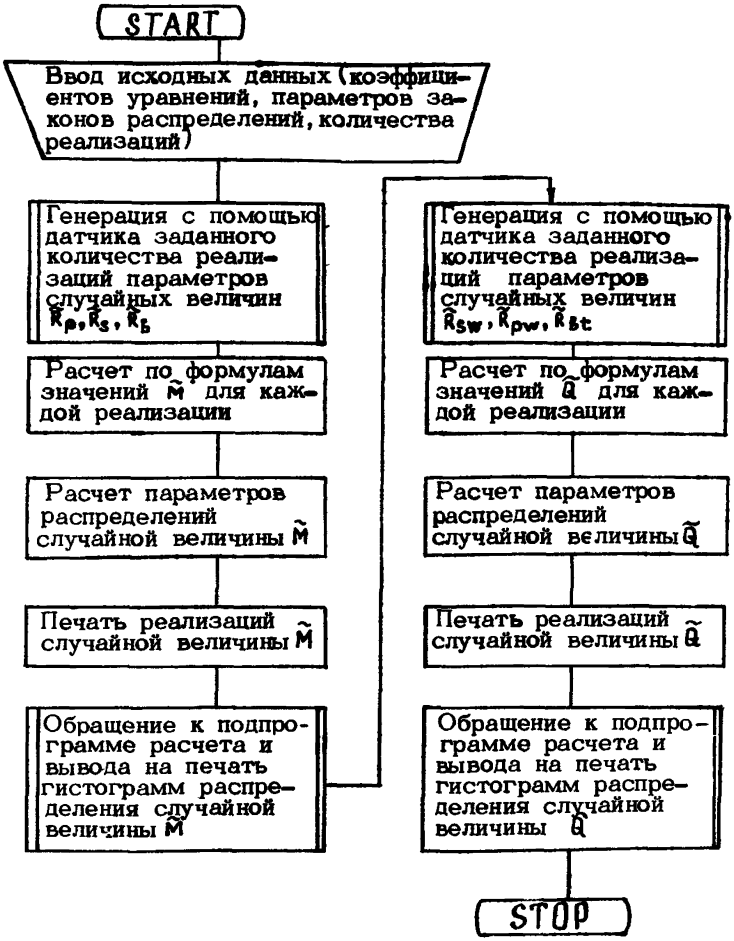
$$Q^{пр}_{вр} = \bar{Q} - 3\hat{Q} - Q^{р}_{пост}, \qquad (15)$$

где $\bar{M}, \bar{Q}$ – средние значения несущей способности сечений соответственно по изгибающему моменту и поперечной силе;

$\hat{M}, \hat{Q}$ – среднеквадратичные отклонения несущей способности сечений соответственно по изгибающему моменту и поперечной силе;

$M^{р}_{пост}, Q^{р}_{пост}$ – расчетные значения соответственно изгибающего момента и поперечной силы от постоянной нагрузки.

4.2. Значения $\bar{M}, \hat{M}, \bar{Q}, \hat{Q}$ для расчета на прочность по формулам (12)-(15) следует определять методом статистических испытаний (методом Монте-Карло). Блок-схема расчета приведена на рисунке, а состав исходных данных и программа - в прил.1 и 2 настоящих Методических рекомендаций.



Блок-схема расчета сечений изгибаемых железобетонных элементов на прочность методом статистических испытаний (методом Монте-Карло)

Таблица 3

Класс бетона по прочности при сжатии	Расчетное сопротивление бетона, МПа (кгс/см^2)					
	Сжатие осевое (призменная прочность) $\hat{R}_b$			Растяжение осевое $\hat{R}_{bt}$		
	$\bar{R}_b$	v	$\hat{R}_b$	$\bar{R}_{bt}$	v	$\hat{R}_{bt}$
B20	19,3(199)	0,135	2,6(27,0)	2,01(20,9)	0,184	0,37(3,85)
B22,5	21,6(218)	0,135	2,9(29,4)	2,12(21,8)	0,179	0,38(3,90)
B25	23,4(244)	0,135	3,2(33,0)	2,26(23,2)	0,177	0,40(4,0)
B27,5	26,3(270)	0,135	3,6(36,5)	2,36(24,3)	0,169	0,40(4,0)
B30	28,3(289)	0,135	3,8(39,0)	2,52(26,3)	0,175	0,44(4,60)
B35	32,8(334)	0,135	4,4(45,1)	2,74 (28,0)	0,175	0,48(4,90)
B40	37,2(379)	0,135	5,0(51,2)	2,92(31,0)	0,171	0,50(5,30)
B45	41,1(417)	0,135	5,5(56,3)	3,10(32,0)	0,177	0,55(5,66)
B50	46,2(469)	0,135	6,2(63,3)	3,20(32,9)	0,172	0,55(5,66)
B55	50,7(520)	0,135	6,8(70,2)	3,37(34,3)	0,175	0,59(6,0)
B60	55,2(565)	0,135	7,5(76,3)	3,53(36,0)	0,178	0,63(6,4)

4.3. Величину $\bar{M}$ и $\hat{M}$ при расчете несущей способности сечений, наклонных к продольной оси элемента, следует определять по формулам:

$$\bar{M} = \bar{R}_s A_s z_s + \sum \bar{R}_s A_{sw} z_{sw} + \sum \bar{R}_s A_{si} z_{si} + \bar{R}_p A_p z_p + \\ + \sum \bar{R}_p A_{pw} z_{pw} + \sum \bar{R}_p A_{pi} z_{pi} ; \qquad (16)$$

$$\hat{M} = \left(\hat{R}_s^2 A_s^2 z_s^2 + \sum \hat{R}_s^2 A_{sw}^2 z_{sw}^2 + \sum \hat{R}_s^2 A_{si}^2 z_{si}^2 + \hat{R}_p^2 A_p^2 z_p^2 + \right. \\ \left. + \sum \hat{R}_p^2 A_{pw}^2 z_{pw}^2 + \sum \hat{R}_p^2 A_{pi}^2 z_{pi}^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \qquad (17)$$

где $\bar{R}_s, \hat{R}_s$; $\bar{R}_p, \hat{R}_p$ – средние значения и среднеквадратичные отклонения сопротивления растяжению соответственно ненапрягаемой и напрягаемой арматуры (см.табл.2 /1-6, 8-13/).

4.4. Величину $\bar{Q}$ и $\hat{Q}$ при расчете несущей способности сечений, наклонных к продольной оси элемента, на действие поперечных сил в целях обеспечения прочности по сжатому бетону между наклонными трещинами следует определять по формулам:

$$\bar{Q} = 0{,}3 \varphi_{w1} \left(1 - 0{,}01 \bar{R}_b\right) \bar{R}_b b h_o ; \qquad (18)$$

$$\hat{Q} = 0{,}3 \varphi_{w1} \left(1 - 0{,}01 \hat{R}_b\right) \hat{R}_b b h_o = 0{,}3 \varphi_{w1} b h_o \times \\ \times \sqrt{\hat{R}_b^2 - 0{,}0001 \left(\hat{R}_b^4 + 2 \bar{R}_b^2 \hat{R}_b^2\right)}, \qquad (19)$$

где $\bar{R}_b, \hat{R}_b$ – среднее значение и среднеквадратичное отклонение прочности бетона при осевом сжатии (табл.3).

5. Расчет на трещиностойкость сечений без трещин

5.1. Ширину раскрытия нормальных и наклонных к продольной оси трещин a_c в железобетонных элемен-

тах, проектируемых (запроектированных) по категориям требований по трещиностойкости 2б, 3а, 3б и 3в, необходимо проверять по СНиП 2.05.03-84.

6. Расчет по прочности несущей способности сечений, нормальных к продольной оси изгибаемых элементов, с нормальной трещиной

6.1. Расчет несущей способности тавровых, двутавровых и коробчатых сечений с нормальной трещиной с границей сжатой зоны, проходящей в ребре, должен выполняться из условия

$$M \leqslant \tilde{R}_в b \tilde{x}'_т (h_o - 0{,}5\tilde{x}'_т) + \tilde{R}_в (b'_f - b) h'_f (h_o - 0{,}5h'_f) +$$

$$+ R_{sc} A'_s (h_{o1} - a'_s) + (R_{pc} - \sigma_{pc1})(h_o - a'_p), \qquad (20)$$

при этом высоту сжатой зоны бетона с трещиной $\tilde{x}'_т$ с учетом наличия многоэлементной арматуры следует определять по формуле

$$\tilde{x}'_т = \tilde{x} \frac{x_т}{x'}, \qquad (21)$$

где $\tilde{x}$ – случайное значение высоты сжатой зоны бетона, определяемое из формулы (4) с учетом многоэлементности арматуры;

x' – высота сжатой зоны бетона, определяемая также из формулы (4), но без учета многоэлементной арматуры и случайного характера прочностных характеристик арматуры и бетона (для этого в формулу (4) следует подставлять расчетные значения сопротивления материалов вместо их случайных значений);

$x_т$ – высота сжатой зоны бетона при наличии в сечении нормальной трещины.

6.2. При расчете сечений без трещины в формулы (20) и (21) и в программу расчета следует подставить значения $x_т = x' = 1$ (расчет по формулам (3) и (4)).

6.3. Высоту сжатой зоны бетона с нормальной трещиной $x_т$ следует определять /3/ из уравнения

$$x_т^3 + 3(e - h_o)x_т^2 + \frac{6}{в}(e\alpha_1 - \beta_1)x_т - \frac{6}{в}(e\alpha_2 - \beta_2) = 0, \quad (22)$$

где e – эксцентриситет приложения усилия предварительного напряжения $S_р$ относительно центра тяжести предварительно напрягаемой арматуры с площадью сечения $A_р$ с учетом момента M от нормальных нагрузок;

$$e = M / S_р ; \quad (23)$$

$\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ – коэффициенты, характеризующие геометрические параметры сечения;

$$\alpha_1 = h'_f (в'_f - в) + n_р A_р ; \quad (24)$$

$$\alpha_2 = 0{,}5\, h'_f (в'_f - в) + n_р A_р h_o ; \quad (25)$$

$$\beta_1 = h'_f (в'_f - в)(h_o - 0{,}5 h'_f) ; \quad (26)$$

$$\beta_2 = 0{,}5 (в'_f - в)(h_o - \frac{2}{3} h'_f)(h'_f)^2 ; \quad (27)$$

$$n_р = E_а / E_в , \quad (28)$$

где $E_а$ – модуль упругости предварительно напрягаемой арматуры;

$E_в$ – модуль упругости бетона.

6.4. Расчет несущей способности элементов, армированных каркасной арматурой, производится аналогично.

7. Расчет по раскрытию трещин сечений с нормальной трещиной

7.1. Ширину раскрытия нормальных и наклонных к продольной оси трещин a_{cr} в железобетонных элементах, армированных ненапрягаемой арматурой, проектируемых (запроектированных) по категориям требований по трещиностойкости 2б, 3а, 3б и 3в, необходимо проверять по СНиП 2.05.03-84, принимая при этом высоту сжатой зоны x_T' в соответствии с разд.6 настоящих Методических рекомендаций. Чтобы получить x_T, необходимо в формуле (21) $\tilde{x}$ заменить высотой сжатой зоны x. Величину x следует определять по формуле (4) с учетом многоэлементности арматуры, подставляя вместо случайных значений сопротивлений материалов их расчетные значения.

7.2. Ширину раскрытия нормальных к продольной оси трещин в предварительно напряженных железобетонных элементах, проектируемых (запроектированных) по категориям требований по трещиностойкости 2б, 3а, 3б и 3в, следует определять по формуле

$$a_{cr} = \frac{n_p \left(\frac{h_0}{x_T'} - 1 \right) \frac{S_p x_T'}{0{,}5 b x_T' + \alpha_1 x_T' - \alpha_2}}{E_p} \psi , \qquad (29)$$

где ψ – коэффициент раскрытия трещин, величина которого зависит от радиуса армирования; учитывает влияние бетона растянутой зоны, деформации арматуры, ее профиль и условия работы элемента; принимается по п.3.109 СНиП 2.05.03-84;

E_p – модуль упругости предварительно напряженной арматуры.

7.3. Частоту пропуска сверхнормативных нагрузок по автодорожным железобетонным балочным мостам в

зависимости от ширины раскрытия трещин, полученной по расчетам, назначают по табл.4.

Таблица 4

Арматура	Δ_{cr}, мм	Частота пропуска сверхнормативных нагрузок
Ненапрягаемая	0,30	Не ограничена
	0,50	1 раз в год[x)]
Напрягаемая	0,15	Не ограничена
	0,70	1 раз в год[x)]

x) С оценкой состояния моста 1 раз в год.

Примечание. Δ_{cr} - предельное значение расчетной ширины раскрытия трещины.

8. Расчет несущей способности сечений по прочности при поражении арматуры коррозией

8.1. Расчет сечений с пораженной коррозией арматурой производят с учетом уменьшения площади сечения арматуры по формулам (2)-(11), (16)-(20), (24)-(27), (29) настоящих Методических рекомендаций. Данный фактор учитывают при составлении исходных данных для программы расчета.

8.2. Степень поражения арматуры коррозией при отслоении защитного слоя рекомендуется устанавливать прямым измерением.

Глубину коррозии арматуры при ширине раскрытия трещин более 0,5 мм рекомендуется определять прямым измерением с вскрытием защитного слоя, а при ширине менее 0,5 мм - принимать равной 0,1 мм в год с момента образования трещины (за последний принимается год постройки моста).

9. Определение возможности пропуска сверхнормативной нагрузки по железобетонным балочным пролетным строениям автодорожных мостов

9.1. Возможность пропуска сверхнормативной нагрузки устанавливают сопоставлением доли предельной несущей способности элемента (сечения) - $M^{пр}_{вр}$ и $Q^{пр}_{вр}$, определяемых по формулам разд.4 настоящих Методических рекомендаций, которую можно использовать для пропуска временной вертикальной нагрузки, с нагрузкой от транспортного средства и сравнением предельной и расчетной ширин раскрытия трещин:

$$M^{пр}_{вр} \geqslant M_{вр} = \gamma_f (1+\mu) \sum_{i=1}^{n} P_i y_i K_{пуi} ; \qquad (30)$$

$$Q^{пр}_{вр} \geqslant Q_{вр} = \gamma_f (1+\mu) \sum_{i=1}^{n} P_j y_j K_{пуj} ; \qquad (31)$$

$$a_{cr} \leqslant \Delta_{cr} , \qquad (32)$$

где γ_f - коэффициент надежности по нагрузке, принимаемый по п.1.7;

$(1+\mu)$ - динамический коэффициент к подвижной временной вертикальной нагрузке, принимаемый по п.1.6;

P_i, P_j - нагрузки на ось транспортного средства при загружении линии влияния соответственно изгибающего момента и поперечной силы;

y_i, y_j - ординаты влияния соответственно изгибающего момента и поперечной силы под осями транспортного средства;

$K_{пуi}, K_{пуj}$ - коэффициенты поперечной установки при определении соответственно изгибающего момента и поперечной силы.

Приложение 1

Состав исходных данных для программы расчета

1-я перфокарта содержит шесть целых чисел, на каждое из которых отводится по три позиции:

количество реализаций случайных величин (200);

произвольное целое число;

количество интервалов гистограммы (25);

ширина столбца гистограммы (в строках АЦПУ-4);

количество сечений, в которых определяется несущая способность по изгибающему моменту M;

количество сечений, в которых определяется несущая способность по поперечной силе Q.

2-я перфокарта (или группа перфокарт) содержит количество чисел, соответствующее количеству сечений, в которых определяется несущая способность по изгибающему моменту $\tilde{R}_\rho, \tilde{R}_s, \tilde{R}_\beta$:

математическое ожидание $\tilde{R}_\rho - \bar{R}_\rho$;

среднеквадратичное отклонение $\tilde{R}_\rho - \hat{R}_\rho$;

математическое ожидание $\tilde{R}_s - \bar{R}_s$;

среднеквадратичное отклонение $\tilde{R}_s - \hat{R}_s$;

математическое ожидание $\tilde{R}_\beta - \bar{R}_\beta$;

среднеквадратичное отклонение $\tilde{R}_\beta - \hat{R}_\beta$.

Количество перфокарт в группе зависит от количества сечений с разным числом арматурных стержней.

На каждое число, содержащее в обязательном порядке десятичную точку, отводится 10 позиций.

Все последующие исходные данные набиваются в этом же формате, причем каждая новая группа данных начинается с новой перфокарты.

Перфокарты (или группы перфокарт) с 3-й по 18-ю содержат для различных сечений значения следующих параметров:

3-я - A_p;
4-я - A_s;
5-я - A'_s;
6-я - R_{sc};
7-я - R_{pc};
8-я - σ_{pc1};
9-я - A'_p;
10-я - b'_f;
11-я - b;
12-я - h'_f;
13-я - h_o;
14-я - h'_o;
15-я - a'_s;
16-я - a'_p;
17-я - x_T,
18-я - x'.

Количество параметров, содержащихся в 3-18-й перфокартах, соответствует количеству сечений, в которых определяется несущая способность по изгибающему моменту.

19-я перфокарта содержит шесть чисел - параметры распределения случайных величин $\tilde{R}_{sw}, \tilde{R}_{pw}, \tilde{R}_{bt}$:
математическое ожидание $\tilde{R}_{sw} - \bar{R}_{sw}$;
среднеквадратичное отклонение $\tilde{R}_{sw} - \hat{R}_{sw}$;
математическое ожидание $\tilde{R}_{pw} - \bar{R}_{pw}$;
среднеквадратичное отклонение $\tilde{R}_{pw} - \hat{R}_{pw}$;
математическое ожидание $\tilde{R}_{bt} - \bar{R}_{bt}$;
среднеквадратичное отклонение $\tilde{R}_{bt} - \hat{R}_{bt}$.

Последующие перфокарты (или группы перфокарт) содержат для различных сечений значения параметров:
20-я - $m_{\alpha y}$;
21-я - $m'_{\alpha y}$;
22-я - $\sin\alpha$;
23-я - $\sin\alpha'$;
24-я - $\sum A_{si}$,
25-я - $\sum A_{sw}$;
26-я - $\sum A_{pi}$;
27-я - $\sum A_{pw}$;
28-я - b;
29-я - h_o;
30-я - C.

Количество параметров, содержащихся в 19-30-й перфокартах, соответствует количеству сечений, в которых определяется несущая способность по поперечной силе.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА СЕЧЕНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЧНОСТЬ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ (МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО)

```
* DSN=GOLD.SL                    CHACHA    VOL-SER=DATBAS  USER=доронин     CL=R DATE=26.04.89


      DIMENSION AP(50),AS(50),AS1(50),RSC(50),RPC(50),SPC1(50),AP1(50),
     *BF1(50),B(50),HF1(50),H0(50),H01(50),AS11(50),AP11(50)
      DIMENSION R(2,5),S(2,5),Q(200)
      DIMENSION MA4(50),MA41(50),SAL(50),SAL1(50),SASI(50),SASW(50),
     *SAPI(50),BQ(50),H0Q(50),C(50),SAPW(50),XT(50),X1(50)
      REAL MA4,MA41
      COMMON /RANDOM/ M2,IA,IC,MIC,SU
      PRINT 15
   15 FORMAT(14,X расчет сечений изгибаемых железобетонных элементов на
     *прочность вероятностным методом')
      M2=0
      READ 1,N,IY,M,L,KRM,KRQ
    1 FORMAT(8I3)
      READ 12,R(1,1),R(1,2),R(1,3),R(2,3)
      READ 12,(AP(I),I=1,KRM)
      READ 12,(AS(I),I=1,KRM)
      READ 12,(AS1(I),I=1,KRM)
      READ 12,(RSC(I),I=1,KRM)
      READ 12,(RPC(I),I=1,KRM)
      READ 12,(SPC1(I),I=1,KRM)
```

```
      READ 12,(AP1(I),I=1,KRM)
      READ 12,(BF1(I),I=1,KRM)
      READ 12,(B(I),I=1,KRM)
      READ 12,(HF1(I),I=1,KRM)
      READ 12,(H0(I),I=1,KRM)
      READ 12,(H01(I),I=1,KRM)
      READ 12,(AS11(I),I=1,KRM)
      READ 12,(AP11(I),I=1,KRM)
      READ 12,(XT(I),I=1,KRM)
      READ 12,(X1(I),I=1,KRM)
      PRINT 14
   14 FORMAT (//13X,'РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЕЧЕНИЙ, НОРМАЛЬНЫХ К ПР
     *ОДОЛЬНОЙ ОСИ ЭЛЕМЕНТА, ПО ИЗГИБАЮЩЕМУ МОМЕНТУ')
   12 FORMAT(8F10.3)
      DO 15 IS=1,KRM
      READ 12,R(2,1),R(2,2)
      PRINT 16,IS
   16 FORMAT (/40X,  Н О М Е Р   С Е Ч Е Н И Я ,I5)
      DO 3 I=1,N,2
      DO 4 J=1,3
    4 CALL NORM2(R(1,J),R(2,J),S(1,J),S(2,J),IY)
      I1=I+1
      DO 5 J=I,I1
      I2=I1-J+1
      Q1=S(I2,1)*AP(IS)+S(I2,2)*AS(IS)-RSC(IS)*AS1(IS)-(RPC(IS)-SPC1(IS)
     *)*AP1(IS)-S(I2,3)*HF1(IS)*(BF1(IS)-B(IS))*XT(IS)/X1(IS)
    5 Q(J)=Q1*(H0(IS)-Q1/(2.*S(I2,3)*B(IS)))+S(I2,3)*(BF1(IS)-B(IS))*HF1
     *(IS)*(H0(IS)-.5*HF1(IS))+RSC(IS)*AS1(IS)*(H01(IS)-AS11(IS))+(RPC(I
     *S)-SPC1(IS))*(H0(IS)-AP11(IS))
    3 CONTINUE
      PRINT 17
   17 FORMAT(/20X, РЕАЛИЗАЦИИ ЗНАЧЕНИЙ СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНЫ НЕСУЩЕЙ СПОСОБ
     *НОСТИ ПО ИЗГИБАЮЩЕМУ МОМЕНТУ')
      PRINT 8,(Q(I),I=1,N)
    8 FORMAT(10F11.3)
      PRINT 9
```

```
 9 FORMAT(/16X,'гистограмма распределения случайной величины несущей
  *способности по изгибающему моменту ')
   CALL ROB1(Q,N,M,L,XL,XH)
13 PRINT 10,XL,XH
10 FORMAT(' MIN=',F11.3,   MAX= ,F11.3)
   READ 12,(R(1,I),I=1,5),R(2,3)
   READ 12,(MA4(I),I=1,KRQ)
   READ 12,(MA41(I),I=1,KRQ)
   READ 12,(GAL(I),I=1,KRQ)
   READ 12,(GAL1(I),I=1,KRQ)
   READ 12,(GASI(I),I=1,KRQ)
   READ 12,(GASW(I),I=1,KRQ)
   READ 12,(GAPI(I),I=1,KRQ)
   READ 12,(GAPW(I),I=1,KRQ)
   READ 12,(BQ(I),I 1,KRQ)
   READ 12,(HQQ(I),I-1,KRQ)
   READ 12,(C(I),I=1,KRQ)
   PRINT 24
24 FORMAT(///14X,'расчет несущей способности сечений, нормальных к пр
  *одольной оси элемента, по поперечной силе')
   DO 23 IS=1,KRQ
   READ 12,R(2,1),R(2,2),R(2,4),R(2,5)
   PRINT 16,IS
   DO 33 I=1,N,2
   DO 34 J=1,5
34 CALL NORM2(R(1,J),R(2,J),S(1,J),S(2,J),IY)
   I1=I+1
   DO 35 J=I,I1
   I2=I1 J+1
35 Q(J)=MA4(IS)*(S(I2,1)*GASI(IS)*GAL(IS)+GASW(IS)*S(I2,4))+MA41(IS)*
  Q(S(I2,2)*GAPI(IS)*GAL1(IS)+GAPW(IS)*S(I2,5))+2.*S(I2,3)*BQ(IS)*HQQ
  *(IS)**2/C(IS)
33 CONTINUE
   PRINT 27
27 FORMAT(/20X,'реализации значений случайной величины несущей способ
  *ности по поперечной силе')
```

```
      PRINT 8,(Q(I),I=1,N)
      PRINT 19
   19 FORMAT(/28X,'гистограмма распределения случайной величины поперечн
     *ой силы')
      CALL ROB1(Q,N,M,L,XL,XH)
   23 PRINT 10,XL,XH
      STOP
      END
```

*DSN=GOLD,SL ROB1 VOL=SER=DATBAS USER=дорнин

```
      SUBROUTINE ROB1(X,M,N,L,XL,XH)
      DIMENSION X(M),FREQ(25),X1(26)
      INTEGER FREG
      XL=X(1)
      XH=XL
      S=XL
      DO 3 I=2,M
      IF(X(I).GT.XH) GO TO 4
      IF(X(I)-XL) 5,3,3
    4 XH=X(I)
      GO TO 3
    5 XL=X(I)
    3 S=S+X(I)
      S=S/FLOAT(M)
      D=0.
      DO 14 I=1,M
   14 D=D+(X(I)-S)**2
      D=SQRT(D/FLOAT(M-1))
      V=D/S
      X1(1)=XL
      N1=N+1
      DO 17 I=2,N1
```

```
      FREQ(I 1)=0
   17 X1(I)=XL+(XH XL)*(FLOAT(I 1)/FLOAT(N))
      DO 18 I=1,M
      DO 17 J=2,N1
      IF(X(I).GE.X1(J)) GO TO 17
      IF(X(I).LT.X1(J-1)) GO TO 17
      FREQ(J 1) FREQ(J 1)+1
      GO TO 18
   17 CONTINUE
   18 CONTINUE
      FREQ(N)=FREQ(N)+1
      CALL DISTOR(FREQ,XL,N,XH,L)
      PRINT 9,S,D,V
    9 FORMAT(//''среднее= ',F10.3,',среднеквадратическое отклонение=',
     *F10.3,',коэффициент вариации=',F10.3//)
      PRINT 25,(FREQ(K),K=1,N)
   25 FORMAT('частоты попаданий в интервалы:'/(20I5))
      STOP
      END
```

```
      SUBROUTINE NORM2(EX,STD,X1,X2,IY)
      COMMON /RANDOM/ M2,IA,IC,MIC,SU
    1 V1 2  URAND(IY) 1.
      V2=2.*URAND(IY) 1.
      S=V1*V1+V2*V2
      IF(S.GE.1.) GO TO 1
      V3=SQRT( 2.*ALOG(S)/S)
      RNN1=V1*V3
      RNN2=V2*V3
      X1=EX+RNN1*STD
      X2 EX+RNN2*STD
      RETURN
      END
```

```
* DSN-GOLI.SL                          URAND     VOL-SEF-DATBAS     USE[illegible]

      REAL FUNSTION URAND(IY)
      DOUBLE PRECISION HALFM
      COMMON /RANDOM/ M2,IA,IC,MIC,S
      IF(M2.NE.0) GO TO 20
      ITWO=2
      M1=1
   10 M2=M1
      M1=ITWO*M2
      IF(M1.GT.M2) GO TO 10
      HALFM=M2/2
      IA=8*IDINT(HALFM*DATAN(1. D0)/8.D0)+5
      IC=2*IDINT(HALFM*(0.5D0 DSQRT(3. D0)/6. D0))+1
      MIC=(M2 IC)+M2
      S=0.25/HALFM
   20 IY=IY*IA
      IF(IY.GT.MIC) IY=(IY M2) M2
      IY IY+IC
      IF(IY/2.GT.M2  IY=(IY M2) M2
      IF(IY.LE.0) IY=(IY+M2)+M2
      URAND=FLOAT(IY)*S
      RETURN
      END
```

```
* DSN=GOLD.SL                                    GISTGR    VOL=SER=DATBAS  USER дорний

      SUBROUTINE GISTGR(FREQ,XL,N,XH.L)
      INTEGER FREQ(N),FM,S
      DIMENSION P(11),F(25),SS(3)
      DATA SS/'ш    ','шш   ','шшш '/,SH/ шшшш'/,S0/'
      FM=0
      DO 1 I=1,N
    1 IF(FREQ(I).GT.FM) FM=FREQ(I)
      J=FM/10+1
      DO 2 I=1,11
    2 P(I)=(I-1)*J
      PRINT 3.P
    3 FORMAT(1X,11F10.1,3X,'F'/9X,10('I',9('-')),'I-    /)
      X=XL
      DO 4 I=1,N
      PRINT 5,X
    5 FORMAT('+',F8.3,'I',10(9X,'. ))
      J1=FREQ(I)/J
      S=MOD(FREQ(I),J)
      T=10.*FLOAT(S)/FLOAT(J)
      J2=INT(T)+INT((T INT(T))/.5)+J1*10
      J1=J2/4
      J3=MOD(J2,4)
      IF(J1.EQ.0) GO TO 6
      DO 7 K=1,J1
```

```
 7 F(I)=SH
 6 IF(J3.EQ.0) GO TO 5
   F(J1-1, S3,J1)
   GO TO 12
 5 IF J2.NE.0) GO TO 17
   J1 1
   GO TO 16
17 J1=J1-1
   GO TO 16
12 J1=J1+2
16 DO 13 I=J1,25
13 F(I)=00
   DO 14 K=1,
   PRINT 15,
15 FORMAT(    ,9X,25A4)
14 PRINT 18
18 FORMAT(9X,'I',10(9X,'.',)
 4 X=XL+FLOAT(I)/FLOAT(N)*(XH-XL)
   PRINT 17,X
17 FORMAT('+',F8.3)
   RETURN
   END
```

Приложение 3

Последовательность расчета

1. Назначить расчетные сечения в элементах пролетного строения.

2. Определить расчетные значения усилий от временной вертикальной нагрузки для каждого из рассчитываемых сечений наиболее нагруженной балки с учетом коэффициента поперечной установки.

3. Определить для каждого рассчитываемого сечения расчетное сопротивление R и среднеквадратичное отклонение $\hat{R}$ многоэлементной арматуры при расчете на прочность соответственно по формулам (1) и (2).

4. Применив программу расчета сечений изгибаемых железобетонных элементов на прочность методом статистических испытаний (методом Монте-Карло, см. прил.2), определить несущую способность по прочности сечений, нормальных к продольной оси элементов, без трещин и с нормальной трещиной (соответственно формулы (3), (4) и (20)-(28)), а также сечений, наклонных к продольной оси элементов, на действие поперечных сил по наклонным трещинам (формулы (5), (6)).

В результате расчетов получены характеристики распределения несущей способности сечений по изгибающему моменту и поперечной силе - $\bar{M}, \hat{M}, \bar{Q}, \hat{Q}$.

5. Характеристики распределения по изгибающему моменту (среднее значение и среднеквадратичное отклонение) несущей способности сечений, наклонных к продольной оси элемента, следует определять по формулам (16) и (17).

6. Характеристики распределения (среднее значение и среднеквадратичное отклонение) несущей способности сечений, наклонных к продольной оси элемента, рассчитываемых на действие поперечных сил в целях обеспе-

чения прочности по сжатому бетону между наклонными трещинами, следует определять по формулам (18) и (19).

7. Предельную несущую способность сечений по изгибающему моменту и поперечной силе, которую можно использовать на восприятие подвижной временной вертикальной нагрузки, следует определять по формулам (14) и (15).

8. Ширину раскрытия нормальных и наклонных к продольной оси трещин определяют в соответствии с разд.3 настоящих Методических рекомендаций и со СНиП 2.05.03-84.

9. Ширину раскрытия нормальных к продольной оси трещин в предварительно напряженных железобетонных элементах при наличии в сечении нормальной трещины определяют по формуле (29).

10. Оценку грузоподъемности пролетного строения в целях определения возможности пропуска по нему сверхнормативной нагрузки производят для каждого из рассчитываемых сечений согласно уравнениям (30)-(32).

Грузоподъемность пролетного строения устанавливают по грузоподъемности наиболее слабого несущего элемента (сечения).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев В.Г., Чахлов В.С. Сборный устой столбчатой конструкции. – Транспортное строительство,1977, № 4.

2. Девяткина З.Н., Золотов В.Н. Исследование свойств арматуры классов А-1У, Ат-УШ. – В кн.: Железобетонные конструкции. Труды УралНИИстромпроекта, вып.У1, 1972.

3. Иосилевский Л.И. и др. Железобетонные пролетные строения мостов индустриального изготовления. М.: Транспорт, 1986.

4. Иосилевский Л.И., Чирков В.П. Расчет соединения плиты со стенкой при помощи стержней-шпонок. Труды МИИТ, вып.219. М.: Транспорт, 1966.

5. Мадатян С.А., Оширов Б.Ф., Суриков И.Н. Механические свойства термически упрочненной арматурной стали марки 08Г2С. – В кн.: Совершенствование арматуры железобетонных конструкций. НИИжелезобетон. Волгоград, 1979.

6. Мадатян С.А., Падин О.И. Свойства и особенности применения новых видов горячекатаной арматуры классов А-1У и А-У в железобетонных конструкциях. – В кн.: Эффективные виды арматуры для железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1970.

7. Методическое руководство по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений автодорожных мостов. Белдорнии. Минск, 1974.

8. Михайлов К.Б. Проволочная арматура для предварительно напряженного железобетона. М.: Госстройиздат, 1964.

9. Мулин Н.М. Стержневая арматура железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1974.

10. Попелянский Ю.Л. Статистический анализ основных механических характеристик высокопрочной арматурной проволоки. – Бетон и железобетон, 1967, № 6.

11. Ратнер Б.Р. Экономичная сталь для периодических профилей. М.: Металлургиздат, 1963.

12. Рубинчик И.И. Результаты испытаний образцов высокопрочной проволоки для предварительно напряженных железобетонных конструкций. Труды ЦНИИС, вып.37. М., 1960.

13. Соколовский А.И. Арматурные стали. М.: Металлургия, 1964.

14. Чачанашвили В.М. К решению вопроса о возможности пропуска сверхнормативных нагрузок по автодорожным железобетонным мостам. - В сб.: Совершенствование технологии строительства, повышение качества и долговечности конструкций автодорожных мостовых сооружений. Труды Союздорнии. М., 1987.

15. Чирков В.П. Вероятностные методы расчета мостовых железобетонных конструкций. М.: Транспорт, 1980.

Содержание

Предисловие 3
1. Общие положения 5
2. Определение расчетного сопротивления многоэлементной арматуры при расчете на прочность и его среднеквадратичного отклонения 6
3. Расчет несущей способности сечений по прочности 8
3.1. Расчет несущей способности сечений, нормальных к продольной оси изгибаемых элементов 8
3.2 Расчет несущей способности сечений, наклонных к продольной оси элементов 10
Расчет на действие поперечных сил по наклонным трещинам 10
Расчет на действие изгибающих моментов 11
Расчет на действие поперечных сил 12
4. Определение несущей способности сечений по прочности, которую можно использовать для восприятия подвижной временной вертикальной нагрузки 13
5. Расчет на трещиностойкость сечений без трещин 16
6. Расчет по прочности несущей способности сечений, нормальных к продольной оси изгибаемых элементов, с нормальной трещиной 17
7. Расчет по раскрытию трещин сечений с нормальной трещиной 19
8. Расчет несущей способности сечений по прочности при поражении арматуры коррозией 20

9. Определение возможности пропуска сверхнормативной нагрузки по железобетонным балочным пролетным строениям автодорожных мостов 21
Приложение 1. Состав исходных данных для программы расчета 22
Приложение 2. Программа расчета сечений изгибаемых железобетонных элементов на прочность методом статистических испытаний (методом Монте-Карло) 24
Приложение 3. Последовательность расчета . . 33
Литература . . . . . .

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ПРИ ПРОПУСКЕ СВЕРХНОРМАТИВНОЙ НАГРУЗКИ ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ

Ответственный за выпуск инж. И.Т.Корзан

Редактор Л.В.Крылова
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор М.Я.Жукова

Подписано к печати 9.08.89. Л 41275. Формат 60x84/16.
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. 2,0 уч.-изд.л.
2,3 печ.л. Заказ 220-9. Тираж 200 экз. Цена 400 руб.

...тивной печати Союздорнии
143900, Московская обл., г.Балашиха-6, ш.Энтузиастов,79

gost.e-ecolog.ru