

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

1.1. Настоящие рекомендации предусматривают применение частотного метода измерений по ГОСТ 22362-77 «Конструкции железобетонные. Методы измерения силы натяжения арматуры» для определения величины напряжений в отдельных арматурных элементах с помощью прибора типа ИНК-1.

1.2. Применение частотного метода измерения напряжений основано на зависимости между напряжением в арматурном элементе и частотой его собственных механических колебаний, которые устанавливаются при выведении его из состояния равновесия.

1.3. Использование прибора ИНК-1 предусматривает применение для определения величины напряжений следующей расчетной зависимости:

$$\sigma = 3,2 \times \left(L \times f - 12,5 \frac{d}{L} \right)^2 \quad (1)$$

где: σ - напряжение в арматурном элементе, МПа;

L - свободная длина арматурного элемента, см;

d - диаметр арматурного элемента, мм;

f - частота свободных колебаний арматурной струны (первая гармоника), кГц;

1.4. При необходимости расчета контрольной частоты основного тона колебаний следует пользоваться следующей расчетной формулой:

$$f = 0,56 \times \frac{\sigma}{L} + 12,5 \times \frac{d}{L} \quad (2)$$

1.5. Проверку соответствия фактического напряжения σ проекту σ_0 и допуску Δ необходимо производить с учетом основной относительной погрешности измерения, при этом должно соблюдаться следующее условие:

$$\sigma_0 \times \left(1 - \frac{|\Delta| - |\delta|}{100} \right) \leq \sigma \leq \sigma_0 \times \left(1 + \frac{|\Delta| - |\delta|}{100} \right) \quad (3)$$

где: σ - фактическое (измеренное) напряжение в арматурном элементе, МПа;

- σ_0 - проектное (номинальное) предварительное напряжение, МПа;
 Δ - допускаемое отклонение в отдельном арматурном элементе, %;
 δ - основная относительная погрешность измерения напряжений, %.

Погрешность измерения не должна превышать допуск, только в этом случае обеспечивается соответствие между проектом, допуском и истинным напряжением в отдельном арматурном элементе.

Для прибора ИНК-1 погрешность измерения δ не превышает $\pm 4\%$ и определяется точностью метода (не хуже 3%) и точностью измерения частоты колебаний арматурной струны (не хуже $0,5\%$). Точность вычисления напряжений по формуле (1) не хуже $0,05\%$.

1.6. Условия применения прибора ИНК-1.

1.6.1. Виды технологии:

- электротермическое натяжение,
- механическое натяжение;
- упрочнение вытяжкой.

1.6.2. Виды арматуры:

- периодический профиль;
- проволока;
- пряди, канаты.

1.6.3. На длинномерных стендах с длиной арматурной струны более 18 метров необходимо использовать промежуточную базу измерения в пределах 6–12 м, создаваемую при помощи зажимов или подпорок. Для исключения биений базу выделять так, чтобы длины оставшихся участков стержня не были кратны ей.

1.6.4. Прибор работоспособен и вне пределов паспортных ограничений длин и диаметров арматуры, однако паспортные точностные параметры при этом не гарантируются, так как отсутствует образцовый стенд длиной более 18 м для их проверки.

1.7. Допуски по отклонению напряжений от проектного значения для контролируемых изделий и конструкций должны быть установлены техническими условиями или технологической службой предприятия.

1.8. Требуемая точность определения длины арматурной струны между упорами (зажимами) составляет $0,2\%$.

1.9. Промежуточную базу измерения не менее 1,5 м рекомендуется использовать в случаях, когда технически невозможно получить равномерную струну, свободную от касаний посторонними предметами (элементами армирования, закладными деталями, формой и т.п.)

2. КОНТРОЛЬ ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ.

2.1. Контроль величины предварительных напряжений процесса напряженного армирования изделий должен быть организован на основе статистического контроля.

2.2. При налаженной технологии процесса напряженного армирования изделий контроль величины напряжений должен производиться выборочно во всех стержнях одного изделия не реже одного раза в смену. При настройке технологического процесса необходимо выполнить сплошной контроль всех изделий в течение трех смен.

2.3. Результаты серии измерений заносятся в формуляр контрольной карты в виде точек(.) для каждого вида изделий(см. приложение к настоящим рекомендациям).

2.4. За результат измерения на одном арматурном элементе(стержне) рекомендуется принимать среднее арифметическое трех измерений-показаний прибора ИНК-1 на этом стержне(кроме того, что прибор ИНК-1 автоматически выдает среднее значение восьми считываний информации за одно измерение).

2.5. Рассчитанные средние арифметические значения всех измерений на стержнях одного изделия должны наноситься на формуляр контрольной карты в виде(x).

2.6. Средние арифметические отдельных выборок(изделий) должны соединяться линией, которая отражает динамику настроенности процесса напряженного армирования.

2.7. Для построения диаграммы размахов необходимо из серии измерений выборки (одного изделия) выбрать наибольшее и наименьшее значение показаний прибора типа ИНК-1. Разность между наибольшим и наименьшим значениями напряжений представляет собой размах выборки.

2.8. Значения размахов выборок должны наноситься на формуляр в виде(o), а линия, соединяющая эти точки, отражает динамику точности процесса напряженного армирования.

2.9. Если фактические значения средних арифметических показаний прибора типа ИНК-1 не выходят за верхнюю границу R_v и нижнюю границу R_n регулирования, а размахи не выходят за верхнюю границу регулирования размахов R_{vg} , то считают, что процесс натяжения протекает удовлетворительно.

2.10. В случае, если значения средних арифметических показаний прибора типа ИНК-1 или размахов выходят за границы регулирования R_v , R_n , R_{vg} , изделие бракуется, берется внеочередная выборка (производят измерения на всех стержнях

другого изделия). Если повторные результаты также выйдут за границы регулирования, то выборку (внеочередное изделие) считают неудовлетворительной и на контрольной карте стрелкой делается отметка о нарушении нормального хода процесса. После этого натяжение арматуры прекращается, выясняется и устраняется причина брака, вызвавшая нарушение процесса напряженного армирования.

Границы регулирования вычисляются по формулам:

$$P_v = T_v - K_1 \times \Delta$$

$$P_n = T_v + K_1 \times \Delta$$

где: T_v - верхний предел допуска;

T_n - нижний предел допуска;

Δ - допуск по отклонению напряжения от проектного значения;

K_1 - коэффициент, зависящий от количества измерений или количества контролируемых стержней в изделии (см. таблицу ниже).

Граница регулирования для размахов и предел допуска вычисляются по следующим формулам:

$$P_{вг} = K_2 \times \Delta$$

$$T'_v = T_v - T_n$$

Значения коэффициентов K_1 и K_2 при числе стержней N от 3 до 10 приведены в таблице 1.

Таблица 1

N	3	4	5	6	7	8	9	10
K_1	0,423	0,5	0,553	0,592	0,622	0,646	0,667	0,684
K_2	1,45	1,56	1,63	1,68	1,72	1,75	1,78	1,81

2.11. При недонапряжении или перенапряжении арматурных элементов необходима корректировка длины заготовки стержня изделий, подгонка шайб или ремонт упоров.

2.12.Рекомендуется поддоны, формы и их упоры периодически (не реже одного раза в три месяца) подвергать проверке, с занесением результатов в журнал. Это связано с неравномерностью износа отдельных упоров на поддонах и формах.

2.13.Каждый поддон или форма должны иметь инвентарный номер, что позволяет организовать регистрацию проведения проверок и ремонта. Форма таблицы регистрации расстояний между упорами при нормализации и проверке упоров форм и поддонов производится ниже.

Таблица 2
Замеры при нормализации и проверке упоров форм и поддонов.

Дата	Тип изделия	№ формы (поддона)	№№ стержней	Номинальное расстояние L, мм	Факт. расстояние L, мм	Отклонение L, мм	Окончательное расстояние L, мм

2.14.При механическом натяжении и упрочнении арматуры вытяжкой допуски целесообразно уменьшать на 2-3% из-за увеличения длины струны с ростом усилий.

3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ.

3.1. Основные причины отклонений:

- недостаточная жесткость форм, износ поддонов;
- неисправности в натяжных устройствах;
- отклонение длины арматурных заготовок или расстояний между упорами, деформация упоров и шайб;
- проскальзывание концов арматуры в зажимах;
- колебания модуля упругости арматурных сталей;
- повышенная деформативность напрягаемой арматуры и анкерных петель.

3.2.Регулирование процесса натяжения арматуры необходимо производить при выявлении систематических отклонений напряжения от проектного значения.

3.3. Последовательность обнаружения причин отклонений:

- обследование форм, зажимов, упоров и анкерных головок до натяжения арматуры и в напряженном состоянии;
- измерение длины арматурного элемента до и после натяжения;
- экспериментальное определение параметров арматурных сталей.

3.4. Способы регулирования процесса натяжения арматуры:

- корректировка длины заготовок арматуры;
- изменение толщины или количества прокладок;
- изменение формы зажимов и анкерных головок;
- усиление форм, зажимов.

3.5.Последовательность выполнения и способ корректировки процесса натяжения арматуры определяется технологической службой предприятия.

4.УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ.

При выполнении измерений с помощью прибора типа ИНК-1 должны быть соблюдены следующие условия:

- диапазон температур окружающего воздуха от -10 до +50°С;
- верхнее значение относительной влажности 95% при 35°С, а при более низких температурах не должно быть конденсации влаги;
- диапазон атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа ;
- внешние электрические и магнитные поля должны отсутствовать или находиться в пределах, не влияющих на работу прибора;
- рабочее положение прибора любое, удобное для проведения измерений;
- контролируемая арматура вдоль всей ее длины не должна соприкасаться со смежными арматурными элементами, закладными деталями и формой;
- напряженный арматурный элемент должен иметь закрепление концов в виде жесткой заделки;
- датчик колебаний прибора при выполнении измерений должен быть неподвижен;
- механические колебания арматурного элемента должны возбуждаться при воздействии на стержень посередине пролета между упорами;
- при длине арматурного элемента более 6 метров колебания в стержне должны возбуждаться щипком (например, как струна гитары).

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЧАСТОТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Введение.

Настоящая методика выполнения измерений распространяется на частотный измеритель механических напряжений (в дальнейшем прибор ИНК-1) и устанавливает методы измерения, расчета и оценки величины предварительного напряжения в отдельных элементах стержневой, проволочной и прядевой арматуры по ГОСТ 22362-77.

1. Средства измерений.

При выполнении измерений используются прибор ИНК-1 с первичным измерительным преобразователем и рулетка метрическая.

2. Методы измерения.

Частотный метод измерения по ГОСТ 22362-77 основан на зависимости между напряжением в арматуре и частотой ее собственных поперечных колебаний. При измерении частоты собственных механических колебаний арматурного элемента с помощью прибора ИНК-1, первичный измерительный преобразователь (в дальнейшем - датчик колебаний) осуществляет преобразование механической энергии в электрическую. Частота выходного сигнала датчика колебаний однозначно связана с частотой измеряемых механических колебаний.

В результате комплексных экспериментально-теоретических исследований, выполненных в НИИСК Госстроя, ВНИИНК и НИИФТРИ Госстандарта была установлена расчетная зависимость, связывающая частоту f или период T колебаний арматуры с напряжением σ и учитывающая реальную жесткость арматуры:

$$\sigma = \left(2l\sqrt{\rho} - \frac{d}{2l}\sqrt{E} \right)^2 \quad (1)$$

- где: σ - напряжение в арматуре, МПа;
 l - свободная длина арматуры, см;
 f - частота свободных колебаний арматуры, Гц;
 ρ - плотность материала арматуры, г/см³ ;
 d - диаметр арматуры, мм;
 E - модуль упругости арматурной стали, МПа.

Зависимость (1) упрощается при принятии для всех видов арматурных сталей одного значения модуля упругости $E = 2 \times 10^5$ МПа, плотности стали $\rho = 7,85$ г/см³ и принимает вид:

$$\sigma = 3,2 \left(\frac{l}{T} - 12,5 \frac{d}{L} \right)^2 \quad (2)$$

Данная зависимость используется в расчетах при выполнении измерений с помощью серийных приборов ГСП АП-12 и АП-23. Сопоставление полученных с помощью приборов типа АП-12 и АП-23 значений напряжений (по зависимости 2) с установленными значениями напряжений на образцовом стенде показало, что для всех видов арматуры (проволочной, стержневой и канатной) предельная погрешность измерения напряжений (при длине арматурного элемента не менее трех метров) лежит в пределах, допускаемых ГОСТ 22362-77 и не превышает $\pm 4\%$.

При этом погрешность измерения периода и частоты колебаний прибором ИНК-1 лежит в пределах допускаемых ГОСТ 22362-77 и не превышает $\pm 1,0\%$, абсолютная погрешность измерения временных интервалов не превышает 0,1 с в пределах рабочего диапазона или находится в пределах дискретности 1-ой единицы младшего значащего разряда.

3. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРОВ.

К выполнению измерений и обработке их результатов могут быть допущены лица, обученные правилам техники безопасности, изучившие устройство технологического оборудования, а также правила эксплуатации и обращения с приборами ИНК-1 при выполнении измерений.

4. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ.

При выполнении измерений должны быть соблюдены следующие условия:

- диапазон температуры окружающего воздуха от -10 до $+50^{\circ}\text{C}$;
- верхнее значение относительной влажности 95% при 35°C и более низких температурах, без конденсации влаги;
- диапазон атмосферного давления от 84 до $106,7$ кПа;
- внешние электрические и магнитные поля должны отсутствовать или находиться в пределах, не влияющих на работу прибора;
- контролируемая арматура вдоль всей ее длины не должна соприкасаться со смежными арматурными элементами, закладными деталями и формой;
- рабочее положение приборов любое, удобное для проведения измерений;
- датчик колебаний при выполнении измерений должен быть неподвижен.

6. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ.

При подготовке прибора к выполнению измерений необходимо провести следующие работы:

- присоединить датчик колебаний к прибору с помощью соединительного разъема;

- провести проверку работоспособности прибора в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации;
- измерить с помощью рулетки свободную длину (пролет) арматурного элемента между упорами стендов, форм в сантиметрах, с погрешностью не более $\pm 0,2\%$ или определить по рабочим чертежам на изделие с учетом удлинения;
- проверить диаметр контролируемой арматуры по рабочим чертежам на изделие;
- проверить отсутствие соприкосновения контролируемого арматурного элемента со смежными арматурными элементами, закладными деталями и формой.

После проведения указанных работ можно приступить к выполнению измерений.

7. ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ.

При контроле механических напряжений и измерении частоты или периода механических колебаний арматурного элемента по ГОСТ 22362-77 должны быть выполнены следующие операции:

- включить питание прибора;
- ввести в память прибора данные о длине арматурной струны и диаметре арматуры;
- поднести и зафиксировать положение датчика колебаний на расстоянии 5–10 мм от натянутого арматурного элемента в середине его пролета;
- возбудить механические колебания щипком или приложением поперечного усилия в середине пролета арматурного элемента с последующим резким снятием приложенного усилия;
- нажать кнопку «измерение», снять показание с индикаторного табло прибора после окончания счета;
- выполнить три измерения в соответствии с требованием ГОСТ 22362-77, а их результаты занести в протокол или журнал;
- выключить питание прибора.