

**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и технической оценки соответствия в строительстве»**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ
МЕХАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ АРМАТУРЫ ПО
ДИАГРАММНОЙ МЕТОДИКЕ**

Москва 2020

Содержание

1	Область применения.....	1
2	Нормативные ссылки.....	1
3	Термины и определения.....	2
4	Общие положения.....	2
5	Исходные данные.....	3
6	Методика оценки качества соединений на основе сопоставления диаграмм деформирования муфтового соединения и целого арматурного стержня.....	4
6.1	Методика и результаты экспериментальных исследований резьбовых механических соединений.....	4
6.2	Построение общей зависимости для диаграммы деформирования арматуры различных классов и определение основных параметров ее трансформирования в диаграмму деформирования стыкового соединения.....	7
6.3	Диаграмма деформирования арматуры в секущих и касательных модулях.....	8
6.4	Трансформирование диаграммы деформирования арматуры в диаграмму деформирования механических резьбовых соединений.....	11
6.5	Уточнение диаграммного метода расчета для железобетонных конструкций с резьбовыми механическими соединениями арматуры.....	12
6.6	Методика перехода от диаграмм деформирования арматурных стержней к диаграммам деформирования резьбовых механических соединений арматуры.....	13
6.7	Рекомендации по описанию диаграмм деформирования муфтовых резьбовых соединений применительно к диаграммному методу расчета стержневых конструкций.....	18
	Приложение А. Примеры испытаний стыковых соединений и контрольных цельных стержней арматуры	20
	Библиография.....	59

Введение

Настоящее методическое пособие разработано в развитие положений СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».

В настоящее время на строительных площадках Российской Федерации все большее применение начинают находить соединения арматуры с помощью муфт на резьбе взамен ранее применявшихся соединений стержней в нахлестку. Поставщиком таких муфт, в основном, выступают как различные зарубежные фирмы («LENTON», «Dextra», «Hebei Yada reinforcing Bar Connecting Technology Co.»), так и российские поставщики («CONCON», «Энерпром», «Rollcon»). Однако, диаграммы деформирования резьбовых механических соединений отличаются от диаграмм деформирования арматурных стержней по ГОСТ 34028-2016, что сказывается на несущей способности железобетонных конструкций с резьбовыми механическими соединениями.

Цель разработки состоит в определении различий диаграмм деформирования резьбовых механических соединений по сравнению с диаграммами деформирования цельных арматурных стержней и на основании этого в уточнении современного, наиболее эффективного, диаграммного метода оценки прочности железобетонных конструкций с резьбовыми механическими соединениями арматуры.

Методическое пособие разработано для применения широким кругом специалистов, чья деятельность связана с проектированием, строительством и эксплуатацией сооружений, в том числе специалистами:

- проектных организаций;
- государственных и иных органов экспертизы и согласования;
- надзорных служб, органов декларирования и сертификации.

Методическое пособие содержит рекомендации по расчету железобетонных конструкций с механическими соединениями арматуры по предельным состояниям первой и второй групп и требования к правилам

проектирования и конструирования железобетонных конструкций с механическими соединениями арматуры.

Согласно требованиям национальных нормативных документов несущая способность конструкций с резьбовыми механическими соединениями арматуры должна быть не ниже несущей способности аналогичных конструкций, армированных цельными стержнями. Выполнение этого требования позволяет определять диаграммная методика определения прочности резьбовых механических соединений.

Диаграммная методика указывает на то, что прочность резьбового механического соединения ниже прочности цельного стержня. Она также позволяет определять коэффициенты условия работы, понижающие прочность и повышающие деформативность резьбового механического соединения. Значения этих коэффициентов необходимо учитывать при проектировании.

Применение настоящего методического пособия дает возможность оценивать качество резьбовых механических соединений на основе сопоставления диаграмм деформирования резьбового механического соединения и целого стержня, а именно:

- выявлять резервы прочности стыков арматуры с помощью муфт на резьбе путем сопоставления их диаграмм с диаграммами деформирования цельных стержней;
- определять характеристики резьбовых механических соединений их преимущества и недостатки.

Применение качественных резьбовых механических соединений позволяет снижать расход арматуры на 15 % вследствие замены размерных нахлесточных соединений на точечные соединения арматуры резьбовыми механическими соединениями. Ожидаемая экономическая эффективность использования настоящего методического пособия позволит повысить качество резьбовых механических соединений в практике проектирования железобетонных конструкций с указанным выше снижением расхода арматуры.

В настоящее время в практику расчета и проектирования железобетонных конструкций по предельным состояниям двух групп все в большей степени начинает входить диаграммный метод, который считается наиболее точным.

В основу этого метода закладываются реальные диаграммы деформирования арматуры и бетона, в том числе арматуры в местах установки ее стыковых соединений.

Методическое пособие включает теоретическую часть по построению общей зависимости для диаграмм и экспериментальную, включающую обширные экспериментальные исследования диаграмм деформирования и прочности стыковых соединений.

Показано, что диаграмма деформирования цельных стержней арматуры и диаграмма деформирования механических резьбовых соединений может быть записана одним выражением, где корректируются ее основные параметры: модуль, упругости, предел упругих деформаций, предел текучести и разрывные усилия. Корректировка выполняется на основании найденных экспериментальным путем корректирующих коэффициентов. Для выявления этих коэффициентов испытано 41 стыковое соединение арматуры различных диаметров различных производителей. Кроме этого выявлены два вида разрушения стыковых соединений: от разрыва арматурных стержней, от выдергивания стержней из стыковой муфты и дана оценка разности усилий от двух видов разрушения. Таким образом, построен единообразный подход к моделированию полных диаграмм деформирования арматуры и ее стыковых соединений для диаграммного метода расчета железобетонных конструкций.

Методическое пособие разработано авторским коллективом НИИСФ РААСН (руководитель работы – канд. техн. наук, вед. науч. сотр. *И.Г. Чепизубов*, отв. исполн. – д-р техн. наук, гл. науч. сотр. *Н.И. Карпенко*, д-р техн. наук, гл. науч. сотр. *С.Н. Карпенко*, исполнители – вед. инж. *Г.А. Моисеенко*, вед. инж. *М.В. Степанов*, вед. инж. *Н.Г. Семенова*).

1 Область применения

Настоящее методическое пособие предназначено для применения при проектировании, строительстве, эксплуатации, зданий и сооружений.

Методическое пособие следует применять при определении несущей способности различных железобетонных конструкций (балок, колонн, плит перекрытий, фундаментных плит и др.), проектируемых для применения резьбовых механических соединений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом пособии использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 27751–2014 Надежность строительных конструкций и оснований.
Основные положения

ГОСТ 34028–2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций.
Технические условия

ГОСТ Р 52544–2006 Прокат арматурный свариваемый периодического профиля класса А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ 34227–2017 Соединения арматуры механические для железобетонных конструкций. Методы испытаний

СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (с изменением № 1)

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим пособием целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения

настоящего пособия в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем методическом пособии использованы следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 диаграммы деформирования стыковых соединений: Связь между напряжениями в стыкуемых стержнях и деформациями стыкового соединения.

3.2 диаграммный метод расчета: Метод расчета железобетонных конструкций, в основу которого положены реальные нелинейные диаграммы бетона и арматуры.

3.3 резьбовые механические соединения арматуры: Соединения арматуры с помощью специальных муфт с внутренними резьбовыми отверстиями для закручивания в них арматурных стержней с нанесенной на их стыкуемые концы соответствующей наружной резьбы.

3.4 испытательная машина: Универсальная машина для статических, малоцикловых и многоцикловых испытаний.

4 Общие положения

4.1 Предмет рассмотрения методического пособия – корректировка диаграммного (деформационного) метода расчета, изложенного в СП 63.13330 для областей конструкций с резьбовыми механическими соединениями, используется для широкого класса статически неопределимых железобетонных конструкций, изложенных в [1]. В пособии приведены результаты экспериментальных исследований, значительная часть которых получена при испытаниях основных видов резьбовых механических соединений.

4.2 На основе экспериментальных исследований резьбовых механических

соединений получены коэффициенты γ_{cE} , $\gamma_{c,el}$, $\gamma_{c,0,2}$, $\gamma_{sc,c}$ с помощью которых осуществляется переход от диаграмм деформирования арматурных стержней к диаграммам деформирования стыковых соединений.

4.3 Расчетные характеристики стыковых соединений при сжатии осуществляются умножением расчетных сопротивлений арматуры при сжатии на понижающий коэффициент $\gamma_{sc,c}^*$, а при растяжении на понижающий коэффициент $\gamma_{c,0,2}$.

4.4 При определении деформаций железобетонных элементов с трещинами и при определении ширины раскрытия трещин, снижение модуля деформации резьбового механического соединения осуществляется с помощью коэффициента γ_{cE} согласно ГОСТ 27751.

4.5 Качество выполнения резьбы на строительной площадке влияет на прочность и деформативность резьбовых механических соединений.

4.6 Применение коэффициентов $\gamma_{sc,c}$ и $\gamma_{c,0,2}$ позволяет контролировать степень изношенности резьбонарезного оборудования принятием значений коэффициентов не менее 0,75.

4.7 Количество стыкуемых стержней в одном сечении с помощью резьбовых механических соединений рекомендуется устанавливать не более 50 %. Длина анкеровки стержней влияет на расстояние между ближайшими краями резьбовых соединений.

4.8 Конструктивное поперечное армирование необходимо устанавливать в местах применения резьбовых механических соединений.

5 Исходные данные

Для оценки прочности и деформативности механических соединений арматуры согласно ГОСТ 34227 необходимы следующие исходные данные:

а) разрывное усилие P_B , кН – не менее $\sigma_B \cdot A_s$,

где A_s – номинальная площадь поперечного сечения соединяемой арматуры, σ_b – браковочное значение временного сопротивления соединяемой арматуры, определяется по ГОСТ Р 52544, ГОСТ 34028;

б) деформативность Δ при растяжении, мм.

За деформативность соединения принимается значение пластической деформации стыка при напряжении в арматуре, равном $0,6 \sigma_{0,2}$, где $\sigma_{0,2}$ – браковочное значение физического или условного предела текучести арматуры по нормативным документам на ее производство;

в) равномерное относительное удлинение δ_p соединенных арматурных стержней после испытания соединения на растяжение или сжатие.

За равномерное относительное удлинение δ_p соединенных арматурных стержней после испытания соединения на растяжение принимается наибольшее из значений δ_p определенных на каждом из соединенных стержней;

г) база В на которой производится измерение деформаций механического резьбового соединения (см. 6.1).

Примеры испытаний стыковых соединений и контрольных цельных стержней арматуры, в виде протоколов с результатами обработки согласно программе испытаний приведены в приложении А:

для образцов «LENTON» – таблицы А.1 – А.3;

для образцов «Bartec Dextra» – таблицы А.4 – А.6.

Анализ результатов экспериментальных данных по диаграммной методике необходимо проводить по плану выполнения работ в разделе 6.

6 Методика оценки качества соединений на основе сопоставления диаграмм деформирования муфтового соединения и целого арматурного стержня

6.1 Методика и результаты экспериментальных исследований резьбовых механических соединений

Механические стыковые соединения арматуры на резьбе, как правило, обладают повышенной деформативностью по сравнению с арматурными стержнями за счет податливости резьбовых соединений, что сказывается на диаграммах деформирования и на прочности конструкций [2].

6.1.1 Применяемое оборудование, средства испытаний, измерений

Испытания образцов стыковых соединений арматуры выполняются на испытательной машине, предназначенной для статических, малоцикловых и многоцикловых испытаний арматуры и других цилиндрических образцов металлов.

Наибольшая воспринимаемая и измеряемая нагрузка – 1000 кН, наибольшая амплитуда нагрузки – от 0 до 1000 кН. Предел допустимой погрешности измерения – ± 1 %.

Компьютерная система измерения и управления должна обеспечивать:

- вывод текущих значений параметров нагружения на экран монитора;
- определение экспериментальных значений параметров нагружения;
- визуальное наблюдение за формой цикла нагружения с помощью программного осциллографа;
- вывод на экран монитора диаграммы нагружения в координатах «нагрузка – деформация», «нагрузка – перемещение» или «нагрузка – деформация + перемещение»;
- обсчет диаграммы растяжения арматурного образца;
- вывод на экран монитора протокола испытания;
- распечатку на принтере протокола испытания и диаграммы нагружения;
- сохранение (архивирование) результатов испытания;
- поддержание заданной скорости нагружения по любому из параметров: нагрузка, перемещение, деформация.

Указанная система предназначена для измерения параметров образцов на их длине между захватами машины. При испытании стыковых соединений необходимо производить измерения деформаций на базе В стыкового соединения, приведены в 6.1.2 и на рисунке 6.1.

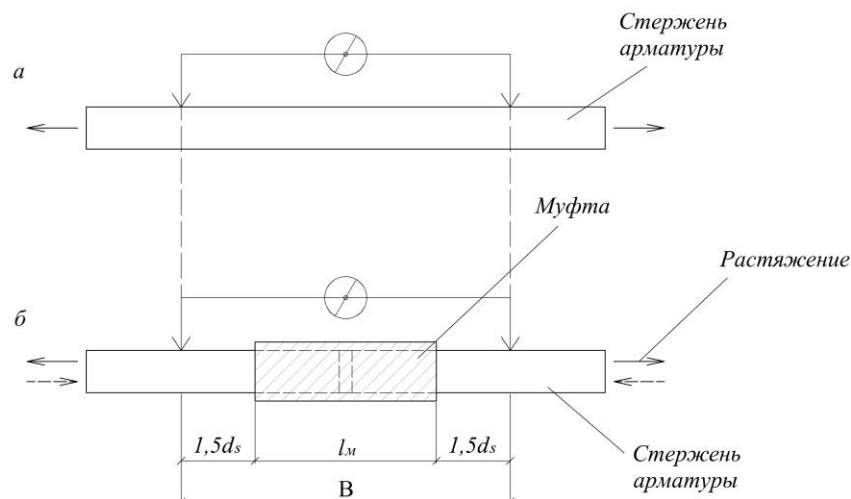


Рисунок 6.1 – Схема испытания муфтовых соединений арматуры совместно с испытаниями цельных стержней арматуры

6.1.2 Порядок проведения испытаний

Испытания проводят в следующем порядке:

- измерение параметров образца: длины, массы, параметров муфты, определение площади сечения образца базы измерения B ;
- установка на образец датчиков деформаций (индикаторов, по два индикатора на образец на базе B);
- установка образца в испытательную машину;
- ввод данных образца в компьютер;
- испытания.

Реализуется многоступенчатый метод испытаний:

- на каждой ступени фиксируются: нагрузка, напряжения в стыкуемых стержнях и показания датчиков (индикаторов) измерения деформаций;
- приращение нагрузки на каждой ступени составляет 10 % – 15 % нагрузки, соответствующий $\sigma_{0,2}$ с корректировкой ступени при текучести арматуры;
- испытания продолжаются до текучести арматуры (до $\sigma_{0,2}$);

- после напряжений $\sigma_{0,2}$ датчики снимаются и испытание продолжается до разрушения образца.

Схематически испытания резьбовых механических соединений арматуры совместно с испытаниями цельных стержней арматуры приведены на рисунке 6.1. Удлинения ΔL образцов на базе В измеряются индикаторами часового типа ИЧ с ценой деления 0,01 мм.

Длина В (база), на которой выполняется измерение деформаций резьбового механического соединения, согласно схеме (рисунок 6.1б), составляет

$$B = l_m + 3d_s,$$

где l_m – длина муфты;

d_s – диаметр стыкуемых стержней (принимается по 1,5 d_s в каждую сторону от резьбового механического соединения).

В качестве напряжений здесь, так же, как и в случае цельных стержней, используются напряжения σ_s в стыкуемых стержнях.

Детальные измерения удлинений стыкового соединения должны проводиться до начала текучести арматуры, после чего образцы доводятся до разрыва с фиксацией разрывного усилия. Результаты измерений для каждого образца представляются в табличной форме. Кроме этого, фотографируются образцы после испытания для фиксации характера разрушения (по арматуре или путем выдергивания стержня из резьбового механического соединения).

6.2 Построение общей зависимости для диаграммы деформирования арматуры различных классов и определение основных параметров ее трансформирования в диаграмму деформирования стыкового соединения

Наиболее удобна для расчета конструкций диаграммных методов диаграмма в секущих и касательных модулях, представленная в [1].

Диаграммы деформирования арматуры представляются в секущих и касательных модулях для различных классов арматуры, а трансформирование

такой диаграммы для механических стыковых соединений представлены в [3], [4], [5].

6.3 Диаграмма деформирования арматуры в секущих и касательных модулях

Диаграммы состояния (деформирования) арматуры $\varepsilon_s - \sigma_s$ применяются при расчете железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели.

Диаграмма арматуры разделяется на два участка: линейный от $\sigma_s = 0$ до $\sigma_s = \sigma_{s,el}$ и нелинейный от $\sigma_s = \sigma_{s,el}$ до $\sigma_s = \sigma_{s,u}$,

где $\sigma_{s,el}$ – предел упругости арматуры, равный $R_{s,n}\eta_{s,el}$;

$\sigma_{s,u}$ – сопротивление арматуры разрыву, равное $R_{s,n}\gamma_{s,u}$;

$\varepsilon_{s,u}$ – относительная деформация, соответствующая $\sigma_{s,u}$.

Коэффициенты $\eta_{s,el}$, $\gamma_{s,u}$ и значения $\varepsilon_{s,u}$ приведены в таблице 6.1.

Т а б л и ц а 6.1 – Характеристики диаграмм деформирования

Вид и класс арматуры с условным пределом текучести	$\eta_{s,el}$	$\gamma_{s,u}$	$\varepsilon_{s,u}$
A500	0,85	1,15	0,10
Горячекатаная класса:			
A600	0,8	1,35	0,06
A800	0,8	1,45	0,07
A1000	0,8	1,25	0,06
Термомеханические упрочненные классы			
At1000 и At1200			
диаметром, мм:			
10 – 14	0,8	1,23	0,06
16 – 32	0,8	1,15	0,07
Холоднодеформированная			
класса B500 диаметром, мм:			
3	0,75	1,09	0,02
4	0,75	1,08	0,025
5 и более	0,75	1,05	0,03
класса Bp1200 диаметром 8 мм	0,85	1,05	0,04
« Bp1300 « 7 «	0,85	1,05	0,04
« Bp1400 « 6,5 «	0,85	1,1	0,05
« Bp1460 « 4 «	0,85	1,2	0,06
« B1500 « 3 «	0,85	1,2	0,06

На линейном участке (при $\sigma_s \leq \sigma_{s.el}$) диаграмма описывается формулой $\varepsilon_s = \sigma_s / E_s$, при этом $\nu_s = 1$.

На нелинейном отрезке (при $\sigma_s \geq \sigma_{s.el}$)

$$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{\nu_s E_s}, \quad (6.1)$$

где ν_s – коэффициент изменения секущего модуля арматуры, определяемый по формуле

$$\nu_s = \hat{\nu}_s + (1 - \hat{\nu}_s) \sqrt{1 - \omega \eta - (1 - \omega) \eta^2}; \quad (6.2)$$

$\hat{\nu}_s$ – коэффициент изменения секущего модуля в вершине диаграммы (при $\sigma_s = \sigma_{s,u}$)

$$\hat{\nu}_s = \frac{\sigma_{su}}{E_s \varepsilon_{s,u}};$$

η – уровень приращения напряжений

$$\eta = \frac{\sigma_s - \sigma_{s.el}}{\sigma_{s,u} - \sigma_{s.el}}, \quad (6.3)$$

ω – коэффициент, характеризующий кривизну диаграммы

$$\omega = \frac{(1 - \hat{\nu}_s)^2 (\eta_{0,2} - 1) + (\eta_{0,2} - \hat{\nu}_s)}{\eta_{0,2} (\eta_{0,2} - 1) (1 - \hat{\nu}_s)^2}, \quad (6.4)$$

$\eta_{0,2}$ – уровень напряжений при $\sigma_s = \sigma_{0,2}$ ($\sigma_{0,2} = R_s$ – в расчетах по предельным состояниям первой группы, $\sigma_{0,2} = R_{s.cer}$ – в расчетах по предельным состояниям второй группы);

$$\eta_{0,2} = \frac{\sigma_{0,2} - \sigma_{s.el}}{\sigma_{s,u} - \sigma_{s.el}}; \quad \nu_{0,2} = \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_{0,2} - 0,002 E_s}, \quad (6.5)$$

$\nu_{0,2}$ – коэффициент изменения секущего модуля при $\sigma_s = \sigma_{0,2}$.

Представленную выше диаграмму деформирования арматуры для горячекатаной арматуры (таблица 6.1) разрешается применять до нарушения условия

$$\varepsilon_s \leq 0,025. \quad (6.6)$$

Для остальной арматуры, представленной в таблице 6.1, диаграмму деформирования арматуры разрешается применять до нарушения условия

$$\varepsilon_s \leq 0,015. \quad (6.7)$$

При нарушении условий (6.6), (6.7) стержень выключается из работы.

Для арматуры с физическим пределом текучести (таблица 6.2) принимается: $\sigma_{s,u} = \sigma_{s(r)}$; $\varepsilon_{s,u} = \varepsilon_{s(r)}$, где $\sigma_{s(r)}, \varepsilon_{s(r)}$ – напряжение и деформация, соответствующие концу первого нелинейного участка диаграммы до начала самоупрочнения, при этом

$$\hat{\nu}_s = \frac{\sigma_{s(r)}}{E_s \varepsilon_{s(r)}}; \eta = \frac{\sigma_s - \sigma_{s,el}}{\sigma_{s(r)} - \sigma_{s,el}}, \eta_{0,2} = \frac{\sigma_{0,2} - \sigma_{s,el}}{\sigma_{s(r)} - \sigma_{s,el}}, \quad (6.8)$$

где $\sigma_{s(r)} = R_s \gamma_{s(r)}$ – напряжение в арматуре в начале участка самоупрочнения, соответствующие относительным деформациям $\varepsilon_{s(r)}$. Коэффициент $\gamma_{s(r)}$, а также деформация $\varepsilon_{s(r)}$ приведена в таблице 6.2.

Т а б л и ц а 6.2 – Корректирующие коэффициенты для арматуры

Класс арматуры	Номинальный диаметр арматуры, мм	$\gamma_{s,el}$	γ_{sp}	ε_{sp}	γ_{su}	ε_{su}
A240	6 – 40	0,97	1,01	0,015	2,0	0,19
A400	6 – 40	0,9	1,05	0,012	1,45	0,14
A500	10 – 40	0,85	1,07	0,008	1,3	0,10
B500	3 – 16	0,8	1,04	0,005	1,1	0,03

Допускается для арматуры с площадкой текучести использовать диаграмму до деформаций $\varepsilon_{s,u}$, заменяя $\varepsilon_{s(r)}$, $\gamma_{s(r)}$ на условные величины $\varepsilon_{s,u}$, $\gamma_{s,u}$, представленные в таблице 6.2.

Если $\varepsilon_s > 0,025$ стержень выключается из работы.

Для предельных состояний второй группы $\sigma_{s(r)} = R_{s,ser} \gamma_{s(r)}$.

Коэффициент изменения секущего модуля может определяться через

уровень деформаций $\eta_d = \varepsilon_s / \varepsilon_{s,u}$ из решения квадратного уравнения

$$Av_s^2 + Bv_s + C = 0, \quad (6.9)$$

$$A = 1 + \frac{(1-\omega)(1-\hat{v}_s)^2 \eta_d^2 \sigma_{s,u}^2}{\hat{v}_s^2 (\sigma_{s,u} - \sigma_{s,el})^2};$$

$$B = \left[2\hat{v}_s - \frac{\eta_d (1-\hat{v}_s)^2 \sigma_{s,u}}{\hat{v}_s (\sigma_{s,u} - \sigma_{s,el})} \left(\omega - \frac{2(1-\omega)\sigma_{s,el}}{\sigma_{s,u} - \sigma_{s,el}} \right) \right];$$

$$C = \hat{v}_s^2 - (1-\hat{v}_s)^2 \left[1 + \frac{\omega \sigma_{s,el}}{\sigma_{s,u} - \sigma_{s,el}} - \frac{(1-\omega)\sigma_{s,el}^2}{(\sigma_{s,u} - \sigma_{s,el})^2} \right];$$

(при решении уравнения (6.7) перед квадратным корнем принимается знак плюс).

6.4 Трансформирование диаграммы деформирования арматуры в диаграмму деформирования механических резьбовых соединений

Трансформирование включает корректировку следующих величин (параметров трансформирования), представленных в пункте 6.3:

а) модуля упругости арматуры E_{sc} , где

$$E_{sc} = \gamma_{CE} \cdot E_s; \quad (6.10)$$

б) предела упругости арматуры $\sigma_{s,el}$ – заменяется на предел упругости стыкового соединения $\sigma_{sc,el}$, где

$$\sigma_{sc,el} = \sigma_{s,el} \cdot \gamma_{c,el} \quad (6.11)$$

в) предела текучести арматуры $\sigma_{0,2}$ – заменяется на предел текучести стыкового соединения $\sigma_{c,0,2}$, где

$$\sigma_{c,0,2} = \sigma_{0,2} \cdot \gamma_{c,0,2} \quad (6.12)$$

г) напряжения разрыва арматуры

$$\sigma_{sc,u} = \sigma_{s,u} \cdot \gamma_{sc,u}. \quad (6.13)$$

Для практических расчетов используются диаграммы до $\sigma_{0,2}$, $\sigma_{c,0,2}$.

Коэффициент изменения секущего модуля стыкового соединения, которое обозначается ν_{sc} , определяется по формуле (6.2) как ν_s , где входящие в эту формулу величины изменяются согласно формулам (6.10) – (6.13).

Значения γ_{cE} , $\gamma_{c,el}$, $\gamma_{c,0,2}$, $\gamma_{sc,u}$ коэффициентов определяются экспериментальным путем. Исходные данные представлены в разделе 5 и приложении А.

6.5 Уточнение диаграммного метода расчета для железобетонных конструкций с резбовыми механическими соединениями арматуры

Общее физическое соотношение, связывающее моменты M_X , M_Y , действующее в двух плоскостях конструкции, и нормальную силу N с кривизнами $\frac{1}{r_X}$ и $\frac{1}{r_Y}$ в двух плоскостях и относительным удлинением ε_0 на уровне выбранной оси согласно СП 63.13330 представляется в виде:

$$M_X = D_{11} \cdot \frac{1}{r_X} + D_{12} \cdot \frac{1}{r_Y} + D_{13} \cdot \varepsilon_0 ; \quad (6.14)$$

$$M_Y = D_{12} \cdot \frac{1}{r_X} + D_{22} \cdot \frac{1}{r_Y} + D_{23} \cdot \varepsilon_0 ; \quad (6.15)$$

$$N = D_{13} \cdot \frac{1}{r_X} + D_{23} \cdot \frac{1}{r_Y} + D_{33} \cdot \varepsilon_0 , \quad (6.16)$$

где установленные в 6.1 и 6.2, параметры диаграмм деформирования резбовых механических соединений учитываются в значениях жесткостных параметров D_{ij} ($ij = 11, 12, 13, 22, 23, 33$):

$$D_{11} = \sum_i A_{bi} \cdot Z_{bxi}^2 \cdot E_b \cdot \nu_{bi} + \sum_j A_{sj} \cdot Z_{sxj}^2 \cdot E_{sj} \gamma_{CEj} \cdot \nu_{sci} ; \quad (6.17)$$

$$D_{22} = \sum_i A_{bi} \cdot Z_{byi}^2 \cdot E_b \cdot \nu_{bi} + \sum_j A_{sj} \cdot Z_{syj}^2 \cdot E_{sj} \gamma_{CEj} \cdot \nu_{sci} ; \quad (6.18)$$

$$D_{12} = \sum_i A_{bi} \cdot Z_{bxi} \cdot Z_{byi} \cdot E_b \cdot \nu_{bi} + \sum_j A_{sj} \cdot Z_{sxj} \cdot Z_{syj} \cdot E_{sj} \gamma_{CEj} \cdot \nu_{sci} ; \quad (6.19)$$

$$D_{13} = \sum_i A_{bi} \cdot Z_{bxi} \cdot E_b \cdot \nu_{bi} + \sum_j A_{sj} \cdot Z_{sxj} \cdot E_{sj} \gamma_{CEj} \cdot \nu_{sci} ; \quad (6.20)$$

$$D_{23} = \sum_i A_{bi} \cdot Z_{byi} \cdot E_b \cdot v_{bi} + \sum_j A_{sj} \cdot Z_{sy} \cdot E_{sj} \gamma_{CEj} \cdot v_{sci} ; \quad (6.21)$$

$$D_{33} = \sum_i A_{bi} \cdot E_b \cdot v_{bi} + \sum_j A_{sj} \cdot E_{sj} \gamma_{CEj} \cdot v_{sci} . \quad (6.22)$$

Согласно формулам (6.17) – (6.22) в областях конструкций с резьбовыми механическими соединениями величины E_{sj} , v_{si} заменяются на величины $E_{sj} \gamma_{CEj}$, v_{sci} .

Изменения диаграмм деформирования стыковых соединений, согласно 6.2, могут применяться для расчета различных статически неопределимых железобетонных конструкций (плит перекрытий, фундаментных плит, ядер жесткости и др.) согласно [1].

6.6 Методика перехода от диаграмм деформирования арматурных стержней к диаграммам деформирования резьбовых механических соединений арматуры

В основу методики перехода от диаграммы деформирования цельных стержней арматуры к диаграммам деформирования ее механических стыковых соединений на резьбе положено определение, на основании экспериментов, коэффициентов корректировки основных точек диаграммы деформирования арматурных стержней [6].

При этом сопоставляется диаграмма, связывающая напряжения с относительными деформациями арматурного стержня (диаграммы « $\sigma_s - \varepsilon_s$ » без муфты), с аналогичной диаграммой двух стыкуемых стержней с помощью муфты. Длина (база), на которой производится измерение деформаций резьбовых механических соединений $l = l_m + 3d_s$, где l_m – длина муфты, d_s – диаметр соединяемой арматуры; в качестве напряжений здесь (как и в случае цельных стержней) используются напряжения в стыкуемых стержнях.

В начале испытаний получают экспериментальным путем диаграмму деформирования исходной арматуры. Схематически эта диаграмма представлена на рисунке 6.2 в виде линии I. На линии выделяются три

характерные точки: 3, 4, 5, где точка 3 соответствует концу линейного участка диаграммы арматурного стрежня (с напряжениями $\sigma_{s,el}$), точка 4 – соответствует максимально допустимым значениям $\sigma_s = \sigma_{0,2}$ при растяжении, а точка 5 – напряжениям разрыва арматуры $\sigma_{s,u}$. Получаемая экспериментальным путем диаграмма деформирования резьбового механического соединения на рисунке 6.2 показана линией II. Точкам 3, 4, 5 диаграммы деформирования арматуры соответствуют экспериментальным способом установленные точки 3', 4', 5' диаграммы деформирования резьбового механического соединения. Точке 3' соответствует предел упругости стыкового соединения $\sigma_{sc,el}$. При этом переход от точки 3 к точке 3' осуществляется через коэффициент $\gamma_{c,el}$ (по формуле (6.11)). Переход от точки 4 к точке 4' осуществляется через коэффициент $\gamma_{c,0,2}$ согласно формуле (6.12).

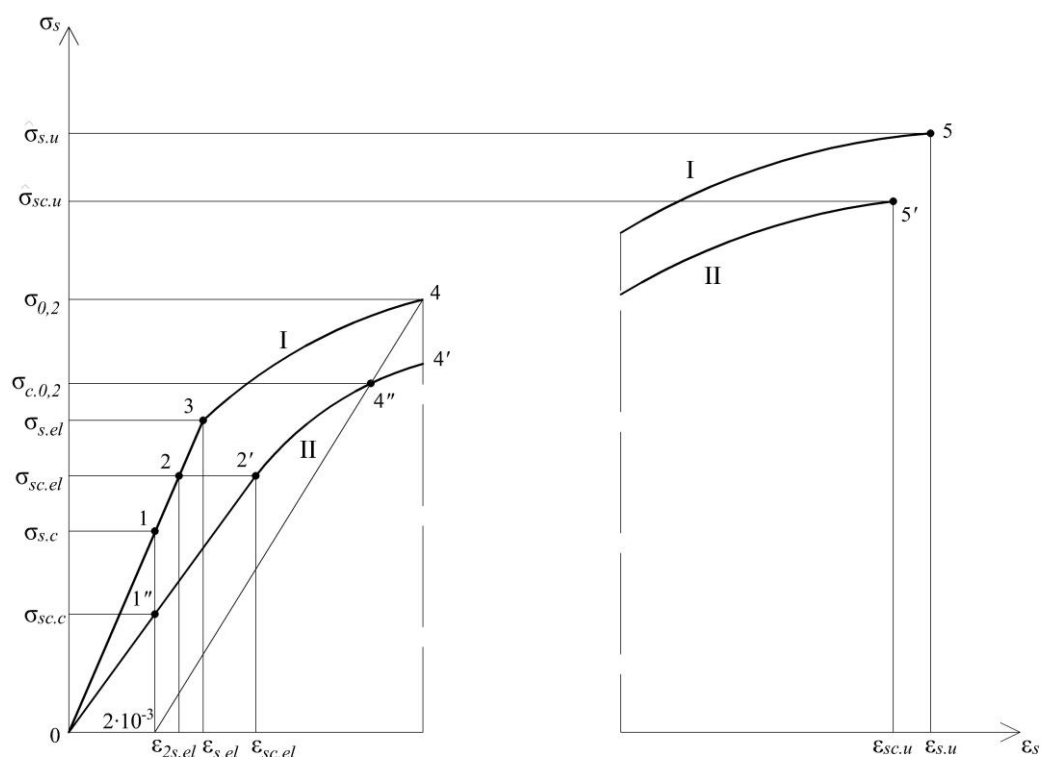


Рисунок 6.2 – К переходу от диаграммы цельного стержня I к диаграмме деформирования стыкового соединения II

Переход от точки разрыва 5 к аналогичной точке 5' стыкового соединения

осуществляется через коэффициент $\gamma_{s.cu}$ согласно формуле (6.13). При этом полагается, что $\varepsilon_{sc.u} \approx \gamma_{sc.u} \cdot \varepsilon_{su}$.

Модуль упругости резьбового механического соединения E_{sc} определяется через модуль упругости арматурного стержня E_s путем умножения его на коэффициент γ_{cE} (согласно зависимости (6.10)).

Согласно рисунку 6.2 $\gamma_{cE} = \varepsilon_{s2}/\varepsilon_{s2'}$, где ε_{s2} и $\varepsilon_{s2'}$ – относительные деформации, соответствующие точкам 2 и 2' на диаграммах I и II, хотя при обработке экспериментов используются данные нескольких горизонтальных линий, расположенных ниже линии 2 – 2'.

Следует заметить, что коэффициент $\gamma_{c.02}$ можно определять путем сопоставления напряжений в арматурном стержне и стыковом соединении, определяемом в точке 4" на рисунке 6.2. Однако разница в значениях коэффициента $\gamma_{c.02}$ получается при этом пренебрежимо малой.

Вычисленные значения коэффициентов γ_{cE} , $\gamma_{c.el}$, $\gamma_{c.0,2}$, $\gamma_{sc.u}$ на основании экспериментальных исследований, приведены в таблице 6.3.

Т а б л и ц а 6.3 – Корректирующие коэффициенты для механических соединений

Наименование и Ø муфтового соединения	γ_{cE}	$\gamma_{c.el}$	$\gamma_{c.0,2}$	$\gamma_{sc.u}$
LENTON Ø 28мм	0,942	0,938	0,950	0,976
LENTON Ø 32мм	0,860	0,8648	0,950	0,979
LENTON Ø 36мм	0,947	0,943	0,950	1,000
Bartec Dextra Ø 25мм	0,379	0,380	0,643	0,963
Bartec Dextra Ø 32мм	0,606	0,596	0,790	0,956
Bartec Dextra Ø 36мм	0,565	0,552	0,837	0,965

Следует еще указать на дополнительные точки 1 и 1' на диаграммах I и II. Они имеют важное значение при определении прочности резьбового механического соединения при сжатии. Точка 1 соответствует максимальным сжимающим напряжениям в арматуре $\sigma_{sc} = R_{sc}$, которые допускаются (по

СП 63.13330) применять при работе арматуры на сжатие (соответственно при кратковременном и длительном действиях нагрузки). Точка 1' соответствует аналогичным напряжениям $\sigma_{sc,c}$ стыкового соединения. Понижающий коэффициент $\gamma_{sc,c}$ находится из равенства $\sigma_{sc,c} = \gamma_{sc,c} \cdot \sigma_{s,c}$.

Так как деформации арматуры в сжатом бетоне равны деформациям арматуры $\varepsilon_b = \varepsilon_s$, то в момент разрушения бетона деформации арматуры равны $\varepsilon_s = 2 \cdot 10^{-3}$. Отсюда значение σ_{sc} (при модуле упругости арматуры $E_s = 2,0 \cdot 10^5$ МПа) должно быть не более значения 400 МПа.

Следует указать на некоторые совпадения. Так при растяжении элементов напряжения в арматуре не должны превышать физического (или условного) предела текучести арматуры $\sigma_{0,2}$. Этим напряжениям соответствует точке 4 на диаграмме I (рисунок 6.2). Точке 4 должны соответствовать остаточные деформации в арматуре при разгрузке, равные $2 \cdot 10^{-3}$, то есть здесь имеет место чисто случайное совпадение нормируемых остаточных деформаций арматуры и упругих деформаций арматуры, соответствующих напряжениям сжатия σ_{sc} , а также деформациям бетона $\varepsilon_s = 2 \cdot 10^{-3}$ в вершине диаграммы сжатия.

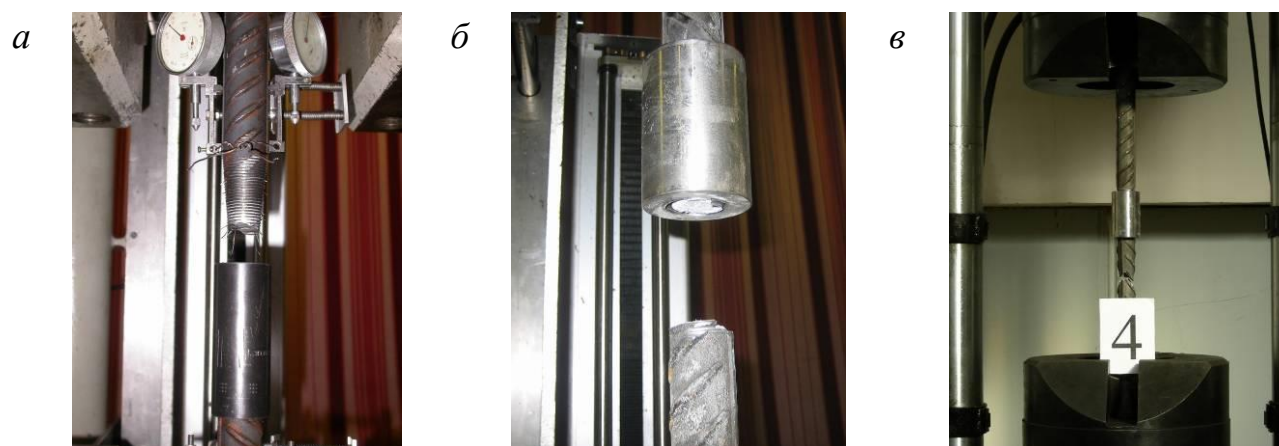
При расчете конструкций на длительно действующую часть нагрузки (по СП 63.13330) рекомендуют принимать расчетное сопротивление арматуры не более $\sigma_{sc} = R_{sc} = 500$ МПа. Этой величине соответствуют деформации бетона $\varepsilon_b = \varepsilon_s \approx 2,5 \cdot 10^{-3}$ при длительном действии нагрузки вместо $\varepsilon_b = \varepsilon_s = 2 \cdot 10^{-3}$.

В качестве основной контролируемой величины используют деформации резьбового механического соединения ε'_{sc} , соответствующие напряжениям в стыкуемых арматурных стержнях, равных $0,6 \sigma_{0,2}$. Значениям ε'_{sc} соответствуют напряжения σ'_{sc} в цельном арматурном стержне. Понижающий коэффициент при этом определяется из равенства $0,6 \sigma_{0,2} = \sigma'_{sc} \cdot \gamma'_{sc,c}$. Анализ показывает, что $\gamma'_{sc,c} \approx \gamma_{sc,c}$.

Приведенная методика может использоваться в контроле качества в условиях строительной площадки. Найденные при этом значения коэффициентов γ_{cE} , $\gamma_{c.el}$, $\gamma_{c.0,2}$, $\gamma_{sc.c}$ должны быть не меньше значений, указанных в паспорте и сертификате на поставляемую продукцию. При этом должен учитываться вероятностный характер разбросов указанных характеристик с учетом точности изготовления резьбовых механических соединений в условиях строительной площадки (величины γ_{cE} , $\gamma_{c.el}$, $\gamma_{c.0,2}$, $\gamma_{sc.c}$ должны определяться с вероятностью 0,95). Такие значения коэффициентов являются нормированными. Все нормированные значения коэффициентов γ_{cE} , $\gamma_{c.el}$, $\gamma_{c.0,2}$, $\gamma_{sc.c}$ должны указываться изготовителем в паспорте, а задача научного сопровождения на строительной площадке должна заключаться в их контроле.

Резьбовые механические соединения должны быть допущены только при условии введения понижающих коэффициентов γ_{cE} , $\gamma_{c.el}$, $\gamma_{c.0,2}$, $\gamma_{sc.c}$ к расчетным характеристикам арматуры, полученных экспериментальным путем на основе предлагаемой методики.

Характер разрушения резьбовых механических соединений представлен на рисунке 6.3.



а – разрушение образца по резьбе; *б* – разрушение образца по месту окончания резьбы; *в* – разрушение образца по стержню

Рисунок 6.3 – Виды разрушения опытных образцов

6.7 Рекомендации по описанию диаграмм деформирования муфтовых резьбовых соединений применительно к диаграммному методу расчета стержневых конструкций

В практике проектирования находят применение соединения арматуры с помощью муфт на резьбе взамен затратных нахлесточных соединений. При этом должен учитываться фактор, что диаграммы деформирования арматуры в местах резьбовых механических соединений отличаются от диаграмм деформирования цельных арматурных стержней повышенной деформативностью. Это оказывает влияние на несущую способность железобетонных конструкций:

а) для учета этого фактора определяются диаграммы деформирования арматуры в местах стыковых соединений, сопоставляют их с диаграммами деформирования цельных стержней и учитывают в диаграммном (деформационном) методе расчета по СП 63.13330;

б) на основе выполненных экспериментальных и теоретических исследований устанавливается переход от диаграмм деформирования цельных стержней к диаграммам деформирования стыковых соединений. Этот переход осуществляется на основании корректирующих коэффициентов γ_{cE} , $\gamma_{c,el}$, $\gamma_{c,0,2}$, $\gamma_{sc,c}$;

в) переход к расчетным характеристикам стыковых соединений при сжатии осуществляется путем умножения расчетных сопротивлений арматуры при сжатии на понижающий коэффициент $\gamma_{sc,c} \approx \gamma_{sc,c}^*$;

г) переход к расчетным сопротивлениям стыковых соединений при растяжении осуществляется умножением расчетных характеристик арматуры на понижающий коэффициент $\gamma_{c,0,2}$;

д) снижение модуля деформации резьбового механического соединения с помощью коэффициента γ_{cE} учитывается при определении деформаций железобетонных элементов с трещинами и при определении ширины раскрытия

трещин;

е) прочностные характеристики резьбовых механических соединений в значительной степени зависят от качества выполнения резьбы в условиях строительной площадки;

ж) в условиях строительной площадки в качестве коэффициентов условия работы используют значения $\gamma_{sc.c}$, $\gamma_{c.0,2}$, которые указывают на степень изношенности оборудования для нарезания резьбы (рекомендуемые значения не менее 0,75);

и) отличия физико-механических характеристик резьбовых механических соединений учитываются как при расчете прочности так при расчете деформаций, наиболее точно этот фактор учитывает диаграммная методика;

к) учитывая пониженное сопротивление резьбовых механических соединений, количество стыкуемых стержней в одном сечении с помощью резьбовых механических соединений устанавливаются не более 50 %. Расстояние между ближайшими краями резьбовых механических соединений должно быть не менее $0,5 l_{an}$, где l_a – длина анкеровки стержней, и не менее $2l_m$ где l_m – длина муфтового соединения;

л) в местах установки резьбовых механических соединений применяется дополнительное конструктивное поперечное армирование в виде не менее трех замкнутых хомутов арматуры диаметром 6 мм, окаймляющих резьбовое механическое соединение.

Приложение А

Примеры испытаний стыковых соединений и контрольных цельных стержней арматуры

Т а б л и ц а А.1 – Испытания резьбовых механических соединений «LENTON» и арматурного стержня Ø 28 мм на растяжение

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«LENTON»									
Муфтовое соединение № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	5	5	5	5	5	0,000238	23,80952381	65
	80	12	12	7	7	7	0,000333	57,14285714	131
	120	19	19	7	7	7	0,000333	90,47619048	196
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 6,1233 \text{ см}^2$	160	25	25	6	6	6	0,000286	119,047619	261
	200	31	32	6	7	6,5	0,00031	150	327
	240	36	39	5	7	6	0,000286	178,5714286	392
	280	45	48	9	9	9	0,000429	221,4285714	457
	320	55	62	10	14	12	0,000571	278,5714286	523
	350	84	95	29	33	31	0,001476	426,1904762	572
	421,8	–	–	–	–	–	–	–	689
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Муфтовое соединение № 2р	40	7	8	7	8	7,5	0,000357	35,71428571	65
	80	14	11	7	3	5	0,000238	59,52380952	131
	120	22	18	8	7	7,5	0,000357	95,23809524	196
	160	28	25	6	7	6,5	0,00031	126,1904762	261
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 6,1233 \text{ см}^2$	200	34	31	6	6	6	0,000286	154,7619048	327
	240	42	38	8	7	7,5	0,000357	190,4761905	392
	280	52	48	10	10	10	0,000476	238,0952381	457
	320	66	60	14	12	13	0,000619	300	523
	350	105	90	39	30	34,5	0,001643	464,2857143	572
	422,5	–	–	–	–	–	–	–	690
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Муфтовое соединение № 3р	40	9	6	9	6	7,5	0,000357	35,71428571	65
	80	18	10	9	4	6,5	0,00031	66,66666667	131
	120	27	17	9	7	8	0,000381	104,7619048	196

Продолжение таблицы А.1

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформаций ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 6,1233 \text{ см}^2$	160	35	25	8	8	8	0,000381	142,8571429	261
	200	40	30	5	5	5	0,000238	166,6666667	327
	240	49	35	9	5	7	0,000333	200	392
	280	60	43	11	8	9,5	0,000452	245,2380952	457
	320	77	53	17	10	13,5	0,000643	309,5238095	523
	340	110	75	33	22	27,5	0,00131	440,4761905	555
	415	—	—	—	—	—	—	—	678
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 4р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	8	5	8	5	6,5	0,00031	30,95238095	65
	80	16	8	8	3	5,5	0,000262	57,14285714	131
	120	20	15	4	7	5,5	0,000262	83,33333333	196
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 6,1233 \text{ см}^2$	160	25	18	5	3	4	0,00019	102,3809524	261
	200	40	20	15	2	8,5	0,000405	142,8571429	327
	240	50	25	10	5	7,5	0,000357	178,5714286	392
	280	62	30	12	5	8,5	0,000405	219,047619	457
	320	80	38	18	8	13	0,000619	280,952381	523
	345	117	50	37	12	24,5	0,001167	397,6190476	563
	416,8	—	—	—	—	—	—	—	681
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 5р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	9	6	9	6	7,5	0,000357	35,71428571	65
	80	15	10	6	4	5	0,000238	59,52380952	131
	120	23	17	8	7	7,5	0,000357	95,23809524	196

Продолжение таблицы А.1

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 6,1233 \text{ см}^2$	160	30	25	7	8	7,5	0,000357	130,952381	261
	200	38	30	8	5	6,5	0,00031	161,9047619	327
	240	45	38	7	8	7,5	0,000357	197,6190476	392
	280	57	46	12	8	10	0,000476	245,2380952	457
	320	72	56	15	10	12,5	0,000595	304,7619048	523
	355	119	90	47	34	40,5	0,001929	497,6190476	580
	425,2	—	—	—	—	—	—	—	694
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 6р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	6	5	6	5	5,5	0,000262	26,19047619	65
	80	15	10	9	5	7	0,000333	59,52380952	131
	120	25	18	10	8	9	0,000429	102,3809524	196
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 6,1233 \text{ см}^2$	160	34	28	9	10	9,5	0,000452	147,6190476	261
	200	40	35	6	7	6,5	0,00031	178,5714286	327
	240	48	41	8	6	7	0,000333	211,9047619	392
	280	55	47	7	6	6,5	0,00031	242,8571429	457
	320	69	56	14	9	11,5	0,000548	297,6190476	523
	340	80	60	11	4	7,5	0,000357	333,3333333	555
	411	—	—	—	—	—	—	—	671
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Стержень № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	4	5	4	5	4,5	0,000214	21,42857143	65
	80	10	10	6	5	5,5	0,000262	47,61904762	131
	120	18	18	8	8	8	0,000381	85,71428571	196

Окончание таблицы А.1

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 6,1233 \text{ см}^2$	160	25	25	7	7	7	0,000333	119,047619	261
	200	32	31	7	6	6,5	0,00031	150	327
	240	38	38	6	7	6,5	0,00031	180,952381	392
	280	50	47	12	9	10,5	0,0005	230,952381	457
	320	65	60	15	13	14	0,000667	297,6190476	523
	350	100	90	35	30	32,5	0,001548	452,3809524	572
	428,6	—	—	—	—	—	—	—	700
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								

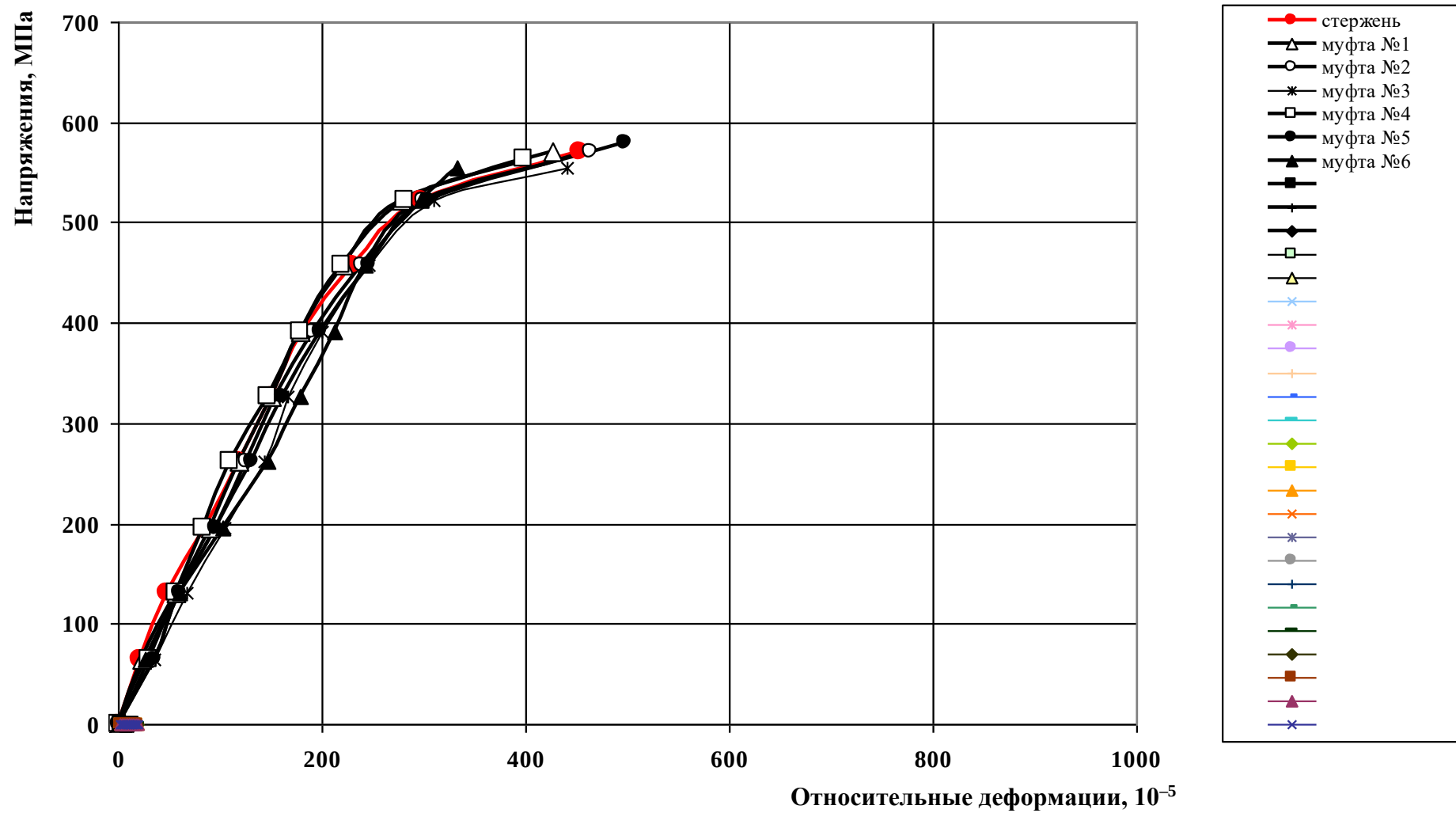


Рисунок А.1 – Диаграммы деформирования резьбовых механических соединений «LENTON» и арматурного стержня Ø 28 мм при растяжении

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформаций ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m/B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«LENTON»									
Муфтовое соединение № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	7	4	7	4	5,5	0,000262	26,19047619	49
	80	14	8	7	4	5,5	0,000262	52,38095238	99
	120	21	13	7	5	6	0,000286	80,95238095	148
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 8,0903 \text{ см}^2$	160	28	18	7	5	6	0,000286	109,5238095	198
	200	35	23	7	5	6	0,000286	138,0952381	247
	240	42	28	7	5	6	0,000286	166,6666667	297
	280	50	33	8	5	6,5	0,00031	197,6190476	346
	320	59	38	9	5	7	0,000333	230,952381	396
	360	69	44	10	6	8	0,000381	269,047619	445
	400	80	50	11	6	8,5	0,000405	309,5238095	494
	440	95	60	15	10	12,5	0,000595	369,047619	544
	455	115	65	20	5	12,5	0,000595	428,5714286	562
	548,6	—	—	—	—	—	—	—	678
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
	Муфтовое соединение № 2р	0	0	0	0	0	0	0	0
40		7	6	7	6	6,5	0,00031	30,95238095	49
80		14	12	7	6	6,5	0,00031	61,9047619	99
120		21	18	7	6	6,5	0,00031	92,85714286	148
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 8,0903 \text{ см}^2$	160	28	25	7	7	7	0,000333	126,1904762	198
	200	35	32	7	7	7	0,000333	159,5238095	247
	240	43	39	8	7	7,5	0,000357	195,2380952	297
	280	51	46	8	7	7,5	0,000357	230,952381	346
	320	59	53	8	7	7,5	0,000357	266,6666667	396
	360	70	63	11	10	10,5	0,0005	316,6666667	445
	400	85	75	15	12	13,5	0,000643	380,952381	494
	436	105	80	20	5	12,5	0,000595	440,4761905	539
	569,4	—	—	—	—	—	—	—	704
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								

Продолжение таблицы А.2

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформаций ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Муфтовое соединение № 3р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	9	6	9	6	7,5	0,000357	35,71428571	65
	80	18	10	9	4	6,5	0,00031	66,66666667	131
	120	27	17	9	7	8	0,000381	104,7619048	196
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 8,0903 \text{ см}^2$	160	35	25	8	8	8	0,000381	142,8571429	261
	200	40	30	5	5	5	0,000238	166,6666667	327
	240	49	35	9	5	7	0,000333	200	392
	280	60	43	11	8	9,5	0,000452	245,2380952	457
	320	77	53	17	10	13,5	0,000643	309,5238095	523
	340	110	75	33	22	27,5	0,00131	440,4761905	555
	415	—	—	—	—	—	—	—	678
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 4р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	9	6	9	6	7,5	0,000357	35,71428571	65
	80	15	10	6	4	5	0,000238	59,52380952	131
	120	23	17	8	7	7,5	0,000357	95,23809524	196
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 8,0903 \text{ см}^2$	160	30	25	7	8	7,5	0,000357	130,952381	261
	200	38	30	8	5	6,5	0,00031	161,9047619	327
	240	45	38	7	8	7,5	0,000357	197,6190476	392
	280	57	46	12	8	10	0,000476	245,2380952	457
	320	72	56	15	10	12,5	0,000595	304,7619048	523
	355	119	90	47	34	40,5	0,001929	497,6190476	580
	425,2	—	—	—	—	—	—	—	694
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 5р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	6	5	6	5	5,5	0,000262	26,19047619	65
	80	15	10	9	5	7	0,000333	59,52380952	131
	120	25	18	10	8	9	0,000429	102,3809524	196

Продолжение таблицы А.2

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформаций ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 8,0903 \text{ см}^2$	160	34	28	9	10	9,5	0,000452	147,6190476	261
	200	40	35	6	7	6,5	0,00031	178,5714286	327
	240	48	41	8	6	7	0,000333	211,9047619	392
	280	55	47	7	6	6,5	0,00031	242,8571429	457
	320	69	56	14	9	11,5	0,000548	297,6190476	523
	340	80	60	11	4	7,5	0,000357	333,3333333	555
	411	—	—	—	—	—	—	—	671
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 6р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	5	6	5	6	5,5	0,000262	26,19047619	49
	80	10	12	5	6	5,5	0,000262	52,38095238	99
	120	15	18	5	6	5,5	0,000262	78,57142857	148
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 8,0903 \text{ см}^2$	160	20	24	5	6	5,5	0,000262	104,7619048	198
	200	25	30	5	6	5,5	0,000262	130,952381	247
	240	30	36	5	6	5,5	0,000262	157,1428571	297
	280	36	42	6	6	6	0,000286	185,7142857	346
	320	42	49	6	7	6,5	0,00031	216,6666667	396
	360	48	56	6	7	6,5	0,00031	247,6190476	445
	400	54	63	6	7	6,5	0,00031	278,5714286	494
	420	60	70	6	7	6,5	0,00031	309,5238095	519
	558,4	—	—	—	—	—	—	—	690
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Стержень № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	6	5	6	5	5,5	0,000262	26,19047619	49
	80	12	10	6	5	5,5	0,000262	52,38095238	99
	120	18	15	6	5	5,5	0,000262	78,57142857	148

Окончание таблицы А.2

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 8,0903 \text{ см}^2$	160	24	20	6	5	5,5	0,000262	104,7619048	198
	200	30	25	6	5	5,5	0,000262	130,952381	247
	240	36	30	6	5	5,5	0,000262	157,1428571	297
	280	42	35	6	5	5,5	0,000262	183,3333333	346
	320	48	40	6	5	5,5	0,000262	209,5238095	396
	360	54	45	6	5	5,5	0,000262	235,7142857	445
	400	65	50	11	5	8	0,000381	273,8095238	494
	440	82	55	17	5	11	0,000524	326,1904762	544
	560,7	—	—	—	—	—	—	—	693
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								

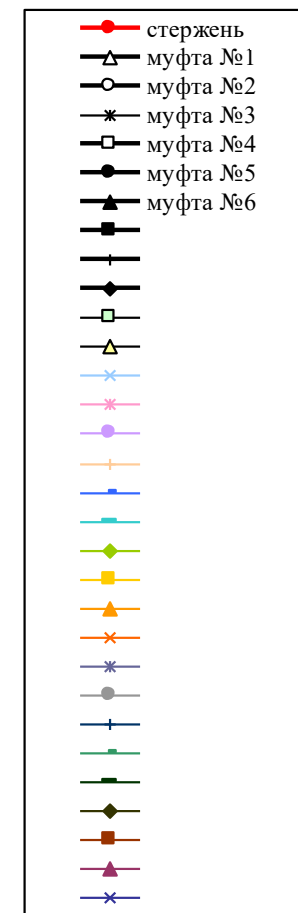
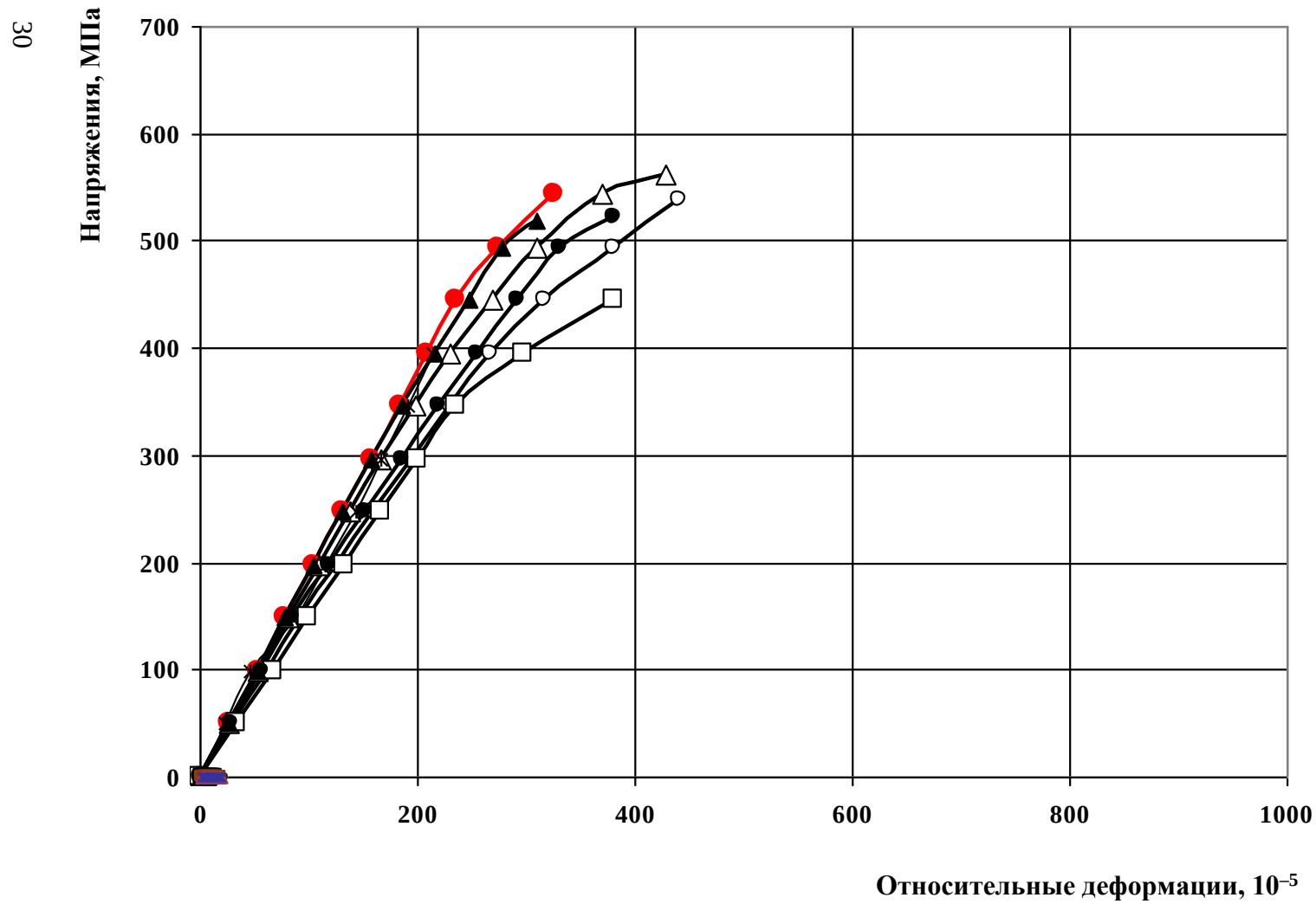


Рисунок А.2 – Диаграммы деформирования резьбовых механических соединений «LENTON» и арматурного стержня Ø 32 мм при растяжении

Т а б л и ц а А.3 – Испытания резьбовых механических соединений «LENTON» и арматурного стержня Ø 36 мм на растяжение

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F, кН	Показания индикаторов, мм·10 ⁻²		Приращения деформаций ΔL, мм·10 ⁻²		Среднее значение приращений деформации ΔL _m , мм·10 ⁻²	Приращение относительных деформаций ε = ΔL _m /B	Суммарная относительная деформация ε _s ·10 ⁻⁵ ε _s = ∑ε	Напряжение σ = F/S, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«LENTON»									
Муфтовое соединение № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	3	2	3	2	2,5	0,000119	11,9047619	39
	80	7	5	4	3	3,5	0,000167	28,57142857	79
	120	11	8	4	3	3,5	0,000167	45,23809524	118
Площадь поперечного сечения арматурного стержня S = 10,1283 см ²	160	16	11	5	3	4	0,00019	64,28571429	158
	200	21	15	5	4	4,5	0,000214	85,71428571	197
	240	24	19	3	4	3,5	0,000167	102,3809524	237
	280	29	23	5	4	4,5	0,000214	123,8095238	276
	320	33	27	4	4	4	0,00019	142,8571429	316
	360	37	31	4	4	4	0,00019	161,9047619	355
	400	42	34	5	3	4	0,00019	180,952381	395
	440	46	38	4	4	4	0,00019	200	434
	480	51	41	5	3	4	0,00019	219,047619	474
	651,1	–	–	–	–	–	–	–	643
	База измерения деформаций В = 210 мм								
Муфтовое соединение № 2р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	4	3	4	3	3,5	0,000167	16,66666667	39
	80	8	6	4	3	3,5	0,000167	33,33333333	79
	120	13	11	5	5	5	0,000238	57,14285714	118

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
		инд. 1	инд. 2	инд. 1	инд. 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	17	15	4	4	4	0,00019	76,19047619	158
	200	21	20	4	5	4,5	0,000214	97,61904762	197
	240	25	24	4	4	4	0,00019	116,6666667	237
	280	29	29	4	5	4,5	0,000214	138,0952381	276
	320	34	34	5	5	5	0,000238	161,9047619	316
	360	39	40	5	6	5,5	0,000262	188,0952381	355
	400	44	45	5	5	5	0,000238	211,9047619	395
	440	48	51	4	6	5	0,000238	235,7142857	434
	480	54	57	6	6	6	0,000286	264,2857143	474
	520	62	66	8	9	8,5	0,000405	304,7619048	513
	689,5	—	—	—	—	—	—	—	681
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 3р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	4	4	4	4	4	0,00019	19,04761905	39
	80	8	8	4	4	4	0,00019	38,0952381	79
	120	12	12	4	4	4	0,00019	57,14285714	118
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	16	17	4	5	4,5	0,000214	78,57142857	158
	200	20	21	4	4	4	0,00019	97,61904762	197
	240	24	27	4	6	5	0,000238	121,4285714	237
	280	28	32	4	5	4,5	0,000214	142,8571429	276
	320	32	37	4	5	4,5	0,000214	164,2857143	316
	360	35	43	3	6	4,5	0,000214	185,7142857	355
	400	39	48	4	5	4,5	0,000214	207,1428571	395
	440	44	53	5	5	5	0,000238	230,952381	434
	480	49	58	5	5	5	0,000238	254,7619048	474
	500	56	64	7	6	6,5	0,00031	285,7142857	494
	685,3	—	—	—	—	—	—	—	677
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								

Продолжение таблицы А.3

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформаций ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Муфтовое соединение № 4р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	5	4	5	4	4,5	0,000214	21,42857143	39
	80	10	7	5	3	4	0,00019	40,47619048	79
	120	14	11	4	4	4	0,00019	59,52380952	118
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	18	16	4	5	4,5	0,000214	80,95238095	158
	200	23	20	5	4	4,5	0,000214	102,3809524	197
	240	27	25	4	5	4,5	0,000214	123,8095238	237
	280	32	30	5	5	5	0,000238	147,6190476	276
	320	38	34	6	4	5	0,000238	171,4285714	316
	360	43	39	5	5	5	0,000238	195,2380952	355
	400	48	44	5	5	5	0,000238	219,047619	395
	440	53	49	5	5	5	0,000238	242,8571429	434
	480	61	55	8	6	7	0,000333	276,1904762	474
	520	69	61	8	6	7	0,000333	309,5238095	513
	667	—	—	—	—	—	—	—	659
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 5р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	5	5	5	5	5	0,000238	23,80952381	39
	80	9	9	4	4	4	0,00019	42,85714286	79
	120	14	13	5	4	4,5	0,000214	64,28571429	118
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	19	17	5	4	4,5	0,000214	85,71428571	158
	200	24	21	5	4	4,5	0,000214	107,1428571	197
	240	29	26	5	5	5	0,000238	130,952381	237
	280	34	31	5	5	5	0,000238	154,7619048	276
	320	40	35	6	4	5	0,000238	178,5714286	316
	360	45	40	5	5	5	0,000238	202,3809524	355
	400	50	43	5	3	4	0,00019	221,4285714	395
	440	56	49	6	6	6	0,000286	250	434
	480	63	54	7	5	6	0,000286	278,5714286	474

Продолжение таблицы А.3

34

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформаций ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	520	72	59	9	5	7	0,000333	311,9047619	513
	652,7	—	—	—	—	—	—	—	644
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 6р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	4	4	4	4	4	0,00019	19,04761905	39
	80	8	9	4	5	4,5	0,000214	40,47619048	79
	120	13	14	5	5	5	0,000238	64,28571429	118
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	18	19	5	5	5	0,000238	88,0952381	158
	200	22	24	4	5	4,5	0,000214	109,5238095	197
	240	27	28	5	4	4,5	0,000214	130,952381	237
	280	31	33	4	5	4,5	0,000214	152,3809524	276
	320	36	39	5	6	5,5	0,000262	178,5714286	316
	360	40	44	4	5	4,5	0,000214	200	355
	400	45	49	5	5	5	0,000238	223,8095238	395
	440	50	54	5	5	5	0,000238	247,6190476	434
	480	57	60	7	6	6,5	0,00031	278,5714286	474
	520	64	66	7	6	6,5	0,00031	309,5238095	513
	679,2	—	—	—	—	—	—	—	671
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 7р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	5	4	5	4	4,5	0,000214	21,42857143	39
	80	10	8	5	4	4,5	0,000214	42,85714286	79
	120	15	11	5	3	4	0,00019	61,9047619	118

Продолжение таблицы А.3

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F / S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	19	15	4	4	4	0,00019	80,95238095	158
	200	24	18	5	3	4	0,00019	100	197
	240	29	22	5	4	4,5	0,000214	121,4285714	237
	280	34	26	5	4	4,5	0,000214	142,8571429	276
	320	39	29	5	3	4	0,00019	161,9047619	316
	360	44	33	5	4	4,5	0,000214	183,3333333	355
	400	50	36	6	3	4,5	0,000214	204,7619048	395
	440	56	40	6	4	5	0,000238	228,5714286	434
	480	61	45	5	5	5	0,000238	252,3809524	474
	520	67	51	6	6	6	0,000286	280,952381	513
	688,3	—	—	—	—	—	—	—	680
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 8р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	4	5	4	5	4,5	0,000214	21,42857143	39
	80	8	10	4	5	4,5	0,000214	42,85714286	79
	120	12	14	4	4	4	0,00019	61,9047619	118
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	16	18	4	4	4	0,00019	80,95238095	158
	200	21	21	5	3	4	0,00019	100	197
	240	26	25	5	4	4,5	0,000214	121,4285714	237
	280	32	29	6	4	5	0,000238	145,2380952	276
	320	36	32	4	3	3,5	0,000167	161,9047619	316
	360	42	36	6	4	5	0,000238	185,7142857	355
	400	47	41	5	5	5	0,000238	209,5238095	395
	440	53	45	6	4	5	0,000238	233,3333333	434
	480	59	50	6	5	5,5	0,000262	259,5238095	474
	520	66	55	7	5	6	0,000286	288,0952381	513
	678	—	—	—	—	—	—	—	669
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								

3 Продолжение таблицы А.3

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m/B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Муфтовое с оединение № 9р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	4	5	4	5	4,5	0,000214	21,42857143	39
	80	9	9	5	4	4,5	0,000214	42,85714286	79
	120	13	13	4	4	4	0,00019	61,9047619	118
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	18	18	5	5	5	0,000238	85,71428571	158
	200	22	23	4	5	4,5	0,000214	107,1428571	197
	240	26	29	4	6	5	0,000238	130,952381	237
	280	29	34	3	5	4	0,00019	150	276
	320	33	38	4	4	4	0,00019	169,047619	316
	360	37	44	4	6	5	0,000238	192,8571429	355
	400	41	49	4	5	4,5	0,000214	214,2857143	395
	440	45	55	4	6	5	0,000238	238,0952381	434
	480	50	59	5	4	4,5	0,000214	259,5238095	474
	520	56	66	6	7	6,5	0,00031	290,4761905	513
	695,9	—	—	—	—	—	—	—	687
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 10р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	5	6	5	6	5,5	0,000262	26,19047619	39
	80	8	10	3	4	3,5	0,000167	42,85714286	79
	120	12	15	4	5	4,5	0,000214	64,28571429	118
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	16	20	4	5	4,5	0,000214	85,71428571	158
	200	20	25	4	5	4,5	0,000214	107,1428571	197
	240	24	31	4	6	5	0,000238	130,952381	237
	280	28	38	4	7	5,5	0,000262	157,1428571	276
	320	32	45	4	7	5,5	0,000262	183,3333333	316
	360	36	50	4	5	4,5	0,000214	204,7619048	355
	400	41	55	5	5	5	0,000238	228,5714286	395

Продолжение таблицы А.3

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение, МПа $\sigma = F / S$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	440	46	60	5	5	5	0,000238	252,3809524	434
	480	52	66	6	6	6	0,000286	280,952381	474
	520	59	74	7	8	7,5	0,000357	316,6666667	513
	672,2	—	—	—	—	—	—	—	664
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 11р									
	40	4	5	4	5	4,5	0,000214	21,42857143	39
	80	7	10	3	5	4	0,00019	40,47619048	79
	120	10	15	3	5	4	0,00019	59,52380952	118
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	15	20	5	5	5	0,000238	83,33333333	158
	200	18	25	3	5	4	0,00019	102,3809524	197
	240	22	31	4	6	5	0,000238	126,1904762	237
	280	26	35	4	4	4	0,00019	145,2380952	276
	320	30	40	4	5	4,5	0,000214	166,6666667	316
	360	34	46	4	6	5	0,000238	190,4761905	355
	400	37	51	3	5	4	0,00019	209,5238095	395
	440	42	57	5	6	5,5	0,000262	235,7142857	434
	480	45	63	3	6	4,5	0,000214	257,1428571	474
	520	50	70	5	7	6	0,000286	285,7142857	513
	690	—	—	—	—	—	—	—	681
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Стержень № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	4	4	4	4	4	0,00019	19,04761905	39
	80	9	8	5	4	4,5	0,00040	40,47619048	79
	120	14	11	5	3	4	0,00060	59,52380952	118

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм}\cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм}\cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм}\cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m/B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,1283 \text{ см}^2$	160	19	14	5	3	4	0,00079	78,57142857	158
	200	24	18	5	4	4,5	0,00100	100	197
	240	28	22	4	4	4	0,00119	119,047619	237
	280	33	25	5	3	4	0,00138	138,0952381	276
	320	38	29	5	4	4,5	0,00160	159,5238095	316
	360	42	32	4	3	3,5	0,00176	176,1904762	355
	400	47	37	5	5	5	0,00200	200	395
	440	52	42	5	5	5	0,00224	223,8095238	434
	480	57	49	5	7	6	0,00252	252,3809524	474
	520	63	57	6	8	7	0,00286	285,7142857	513
	675,9	—	—	—	—	—	—	—	667
	База измерения деформаций В = 210 мм								

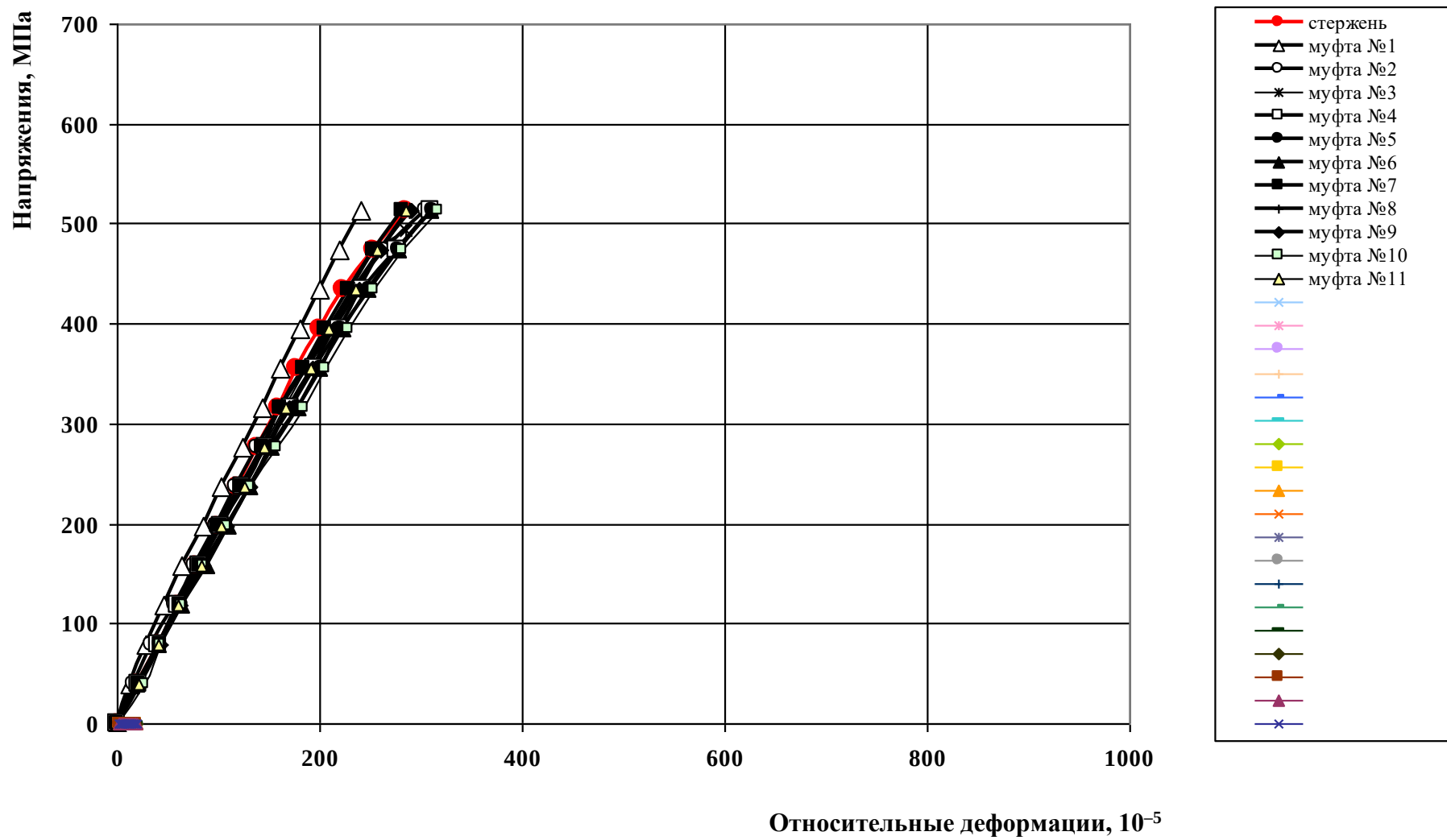


Рисунок А.3 – Диаграммы деформирования резьбовых механических соединений «LENTON» и арматурного стержня $\varnothing 36$ мм при растяжении



Рисунок А.4 – Вид испытанных резьбовых механических соединений «LENTON» и арматурного стержня Ø 28 мм на растяжение



Рисунок А.5 – Вид испытанных резьбовых механических соединений «LENTON» и арматурного стержня Ø 32 мм на растяжение



Рисунок А.6 – Вид испытанных резьбовых механических соединений «LENTON» и арматурного стержня $\varnothing 36$ мм на растяжение

Т а б л и ц а А.4 – Испытания резьбовых механических соединений фирмы «Bartec Dextra» и арматурного стержня Ø 25 мм на растяжение

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bartec Dextra									
Муфтовое соединение № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	30	5	6	5	6	5,5	0,000297	29,72972973	61
	60	9	11	4	5	4,5	0,000243	54,05405405	123
	90	14	18	5	7	6	0,000324	86,48648649	184
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 4,8911 \text{ см}^2$	120	24	28	10	10	10	0,000541	140,5405405	245
	150	39	44	15	16	15,5	0,000838	224,3243243	307
	180	59	65	20	21	20,5	0,001108	335,1351351	368
	204	85	90	26	25	25,5	0,001378	472,972973	417
	323,3	–	–	–	–	–	–	–	661
	База измерения деформаций $B = 185 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 2р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	8	6	8	6	7	0,000378	37,83783784	61
	60	12	12	4	6	5	0,00027	64,86486486	123
	90	20	20	8	8	8	0,000432	108,1081081	184
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 4,8911 \text{ см}^2$	120	32	35	12	15	13,5	0,00073	181,0810811	245
	150	51	52	19	17	18	0,000973	278,3783784	307
	180	80	83	29	31	30	0,001622	440,5405405	368
	203	114	126	34	43	38,5	0,002081	648,6486486	415
	323	–	–	–	–	–	–	–	660
	База измерения деформаций $B = 185 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 3р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	30	3	4	3	4	3,5	0,000189	18,91891892	61
	60	7	10	4	6	5	0,00027	45,94594595	123
	90	11	16	4	6	5	0,00027	72,97297297	184

Продолжение таблицы А.4

Наименование соединения	Усилия сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 4,8911 \text{ см}^2$	120	18	25	7	9	8	0,000432	116,2162162	245
	150	29	39	11	14	12,5	0,000676	183,7837838	307
	180	46	57	17	18	17,5	0,000946	278,3783784	368
	204	67	83	21	26	23,5	0,00127	405,4054054	417
	322	—	—	—	—	—	—	—	658
	База измерения деформаций $B = 185 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 4р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	7	4	7	4	5,5	0,000297	29,72972973	61
	60	14	9	7	5	6	0,000324	62,16216216	123
	90	21	14	7	5	6	0,000324	94,59459459	184
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 4,8911 \text{ см}^2$	120	28	22	7	8	7,5	0,000405	135,1351351	245
	150	39	32	11	10	10,5	0,000568	191,8918919	307
	180	58	48	19	16	17,5	0,000946	286,4864865	368
	203	86	71	28	23	25,5	0,001378	424,3243243	415
	322,9	—	—	—	—	—	—	—	660
	База измерения деформаций $B = 185 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 5р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	30	5	4	5	4	4,5	0,000243	24,32432432	61
	60	10	7	5	3	4	0,000216	45,94594595	123
	90	19	10	9	3	6	0,000324	78,37837838	184
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 4,8911 \text{ см}^2$	120	33	17	14	7	10,5	0,000568	135,1351351	245
	150	54	31	21	14	17,5	0,000946	229,7297297	307
	180	82	51	28	20	24	0,001297	359,4594595	368
	202	123	82	41	31	36	0,001946	554,0540541	413
	324,1	—	—	—	—	—	—	—	663

Окончание таблицы А.4

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	База измерения деформаций $B = 185 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 6р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	5	6	5	6	5,5	0,000297	29,72972973	61
	60	11	12	6	6	6	0,000324	62,16216216	123
	90	17	17	6	5	5,5	0,000297	91,89189189	184
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 4,8911 \text{ см}^2$	120	26	25	9	8	8,5	0,000459	137,8378378	245
	150	42	42	16	17	16,5	0,000892	227,027027	307
	180	76	74	34	32	33	0,001784	405,4054054	368
	202	113	112	37	38	37,5	0,002027	608,1081081	413
	324	—	—	—	—	—	—	—	662
	База измерения деформаций $B = 185 \text{ мм}$								
Стержень № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	30	6	5	6	5	5,5	0,000297	29,72972973	61
	60	12	9	6	4	5	0,00027	56,75675676	123
	90	17	13	5	4	4,5	0,000243	81,08108108	184
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 4,8911 \text{ см}^2$	120	23	18	6	5	5,5	0,000297	110,8108108	245
	150	29	23	6	5	5,5	0,000297	140,5405405	307
	180	34	28	5	5	5	0,00027	167,5675676	368
	210	40	33	6	5	5,5	0,000297	197,2972973	429
	335,6	—	—	—	—	—	—	—	686
	База измерения деформаций $B = 185 \text{ мм}$								

Т а б л и ц а А.5 – Испытания резьбовых механических соединений фирмы «Bartec Dextra» и арматурного стержня Ø 32 мм на растяжение

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bartec Dextra									
Муфтовое соединение № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	8	5	8	5	6,5	0,00031	30,95238095	50
	80	16	12	8	7	7,5	0,000357	66,66666667	100
	120	22	17	6	5	5,5	0,000262	92,85714286	151
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 7,9721 \text{ см}^2$	160	27	24	5	7	6	0,000286	121,4285714	201
	200	39	31	12	7	9,5	0,000452	166,6666667	251
	240	49	40	10	9	9,5	0,000452	211,9047619	301
	280	60	49	11	9	10	0,000476	259,5238095	351
	320	73	63	13	14	13,5	0,000643	323,8095238	401
	360	92	87	19	24	21,5	0,001024	426,1904762	452
	384	106	124	14	37	25,5	0,001214	547,6190476	482
	505,6	—	—	—	—	—	—	—	634
База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$									
Муфтовое соединение № 2р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	9	5	9	5	7	0,000333	33,33333333	50
	80	16	12	7	7	7	0,000333	66,66666667	100
	120	21	20	5	8	6,5	0,00031	97,61904762	151
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 7,9721 \text{ см}^2$	160	32	27	11	7	9	0,000429	140,4761905	201
	200	37	36	5	9	7	0,000333	173,8095238	251
	240	48	41	11	5	8	0,000381	211,9047619	301
	280	59	51	11	10	10,5	0,0005	261,9047619	351
	320	72	64	13	13	13	0,000619	323,8095238	401
	360	82	77	10	13	11,5	0,000548	378,5714286	452
	400	100	100	18	23	20,5	0,000976	476,1904762	502
	508,4	—	—	—	—	—	—	—	638

Продолжение таблицы А.5

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	База измерения деформаций $B = 210$ мм								
Муфтовое соединение № 3р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	6	5	6	5	5,5	0,000262	26,19047619	50
	80	12	9	6	4	5	0,000238	50	100
	120	21	17	9	8	8,5	0,000405	90,47619048	151
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 7,9721 \text{ см}^2$	160	31	25	10	8	9	0,000429	133,3333333	201
	200	42	33	11	8	9,5	0,000452	178,5714286	251
	240	55	43	13	10	11,5	0,000548	233,3333333	301
	280	69	55	14	12	13	0,000619	295,2380952	351
	320	83	69	14	14	14	0,000667	361,9047619	401
	360	105	88	22	19	20,5	0,000976	459,5238095	452
	400	133	116	28	28	28	0,001333	592,8571429	502
	526,1	—	—	—	—	—	—	—	660
	База измерения деформаций $B = 210$ мм								
Муфтовое соединение № 4р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	6	6	6	6	6	0,000286	28,57142857	50
	80	12	12	6	6	6	0,000286	57,14285714	100
	120	18	18	6	6	6	0,000286	85,71428571	151
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 7,9721 \text{ см}^2$	160	26	24	8	6	7	0,000333	119,047619	201
	200	34	32	8	8	8	0,000381	157,1428571	251
	240	43	41	9	9	9	0,000429	200	301
	280	55	52	12	11	11,5	0,000548	254,7619048	351
	320	71	66	16	14	15	0,000714	326,1904762	401
	360	92	84	21	18	19,5	0,000929	419,047619	452
	400	111	97	19	13	16	0,000762	495,2380952	502
	537	—	—	—	—	—	—	—	674

Продолжение таблицы А.5

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m/B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	База измерения деформаций В = 210 мм								
Муфтовое соединение № 5р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	5	7	5	7	6	0,000286	28,57142857	50
	80	13	13	8	6	7	0,000333	61,9047619	100
	120	24	24	11	11	11	0,000524	114,2857143	151
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 7,9721 \text{ см}^2$	160	35	35	11	11	11	0,000524	166,6666667	201
	200	47	50	12	15	13,5	0,000643	230,952381	251
	240	60	63	13	13	13	0,000619	292,8571429	301
	280	75	78	15	15	15	0,000714	364,2857143	351
	320	93	99	18	21	19,5	0,000929	457,1428571	401
	360	116	128	23	29	26	0,001238	580,952381	452
	389	147	166	31	38	34,5	0,001643	745,2380952	488
	532,6	—	—	—	—	—	—	—	668
	База измерения деформаций В = 210 мм								
Муфтовое соединение № 6р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	5	4	5	4	4,5	0,000214	21,42857143	50
	80	11	9	6	5	5,5	0,000262	47,61904762	100
	120	19	14	8	5	6,5	0,00031	78,57142857	151
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 7,9721 \text{ см}^2$	160	28	21	9	7	8	0,000381	116,6666667	201
	200	38	28	10	7	8,5	0,000405	157,1428571	251
	240	49	35	11	7	9	0,000429	200	301
	280	64	44	15	9	12	0,000571	257,1428571	351
	320	77	55	13	11	12	0,000571	314,2857143	401
	360	108	84	31	29	30	0,001429	457,1428571	452
	400	132	114	24	30	27	0,001286	585,7142857	502
	525,7	—	—	—	—	—	—	—	659

Окончание таблицы А.5

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	База измерения деформаций $B = 210$ мм								
Стержень № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	7	4	7	4	5,5	0,000262	26,19047619	50
	80	14	8	7	4	5,5	0,000262	52,38095238	100
	120	21	13	7	5	6	0,000286	80,95238095	151
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 7,9721 \text{ см}^2$	160	28	18	7	5	6	0,000286	109,5238095	201
	200	35	23	7	5	6	0,000286	138,0952381	251
	240	41	27	6	4	5	0,000238	161,9047619	301
	280	47	31	6	4	5	0,000238	185,7142857	351
	320	53	35	6	4	5	0,000238	209,5238095	401
	360	61	40	8	5	6,5	0,00031	240,4761905	452
	400	73	45	12	5	8,5	0,000405	280,952381	502
	433	89	55	16	10	13	0,000619	342,8571429	543
	546,4	—	—	—	—	—	—	—	685
	База измерения деформаций $B = 210$ мм								

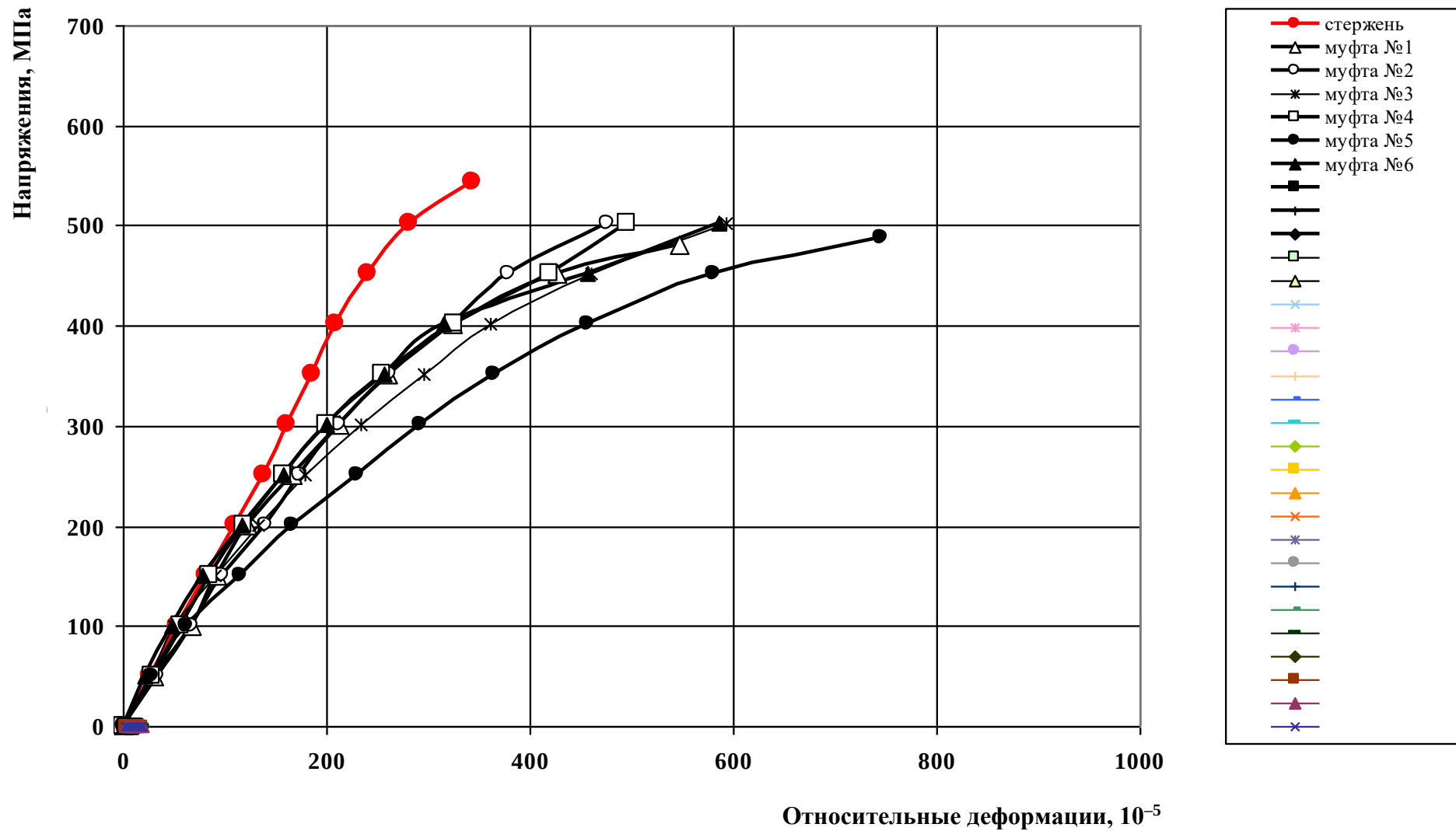


Рисунок А.8 – Диаграммы деформирования резьбовых механических соединений «Bartec Dextra» и арматурного стержня Ø 32 мм при растяжении

Т а б л и ц а А.6 – Испытания резьбовых механических соединений фирмы «Bartec Dextra» и арматурного стержня Ø 36 мм на растяжение

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m / B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bartec Dextra									
Муфтовое соединение № 1р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	2	6	2	6	4	0,00019	19,04761905	40
	80	5	13	3	7	5	0,000238	42,85714286	80
	120	11	21	6	8	7	0,000333	76,19047619	120
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,0286 \text{ см}^2$	160	20	29	9	8	8,5	0,000405	116,6666667	160
	200	29	37	9	8	8,5	0,000405	157,1428571	199
	240	38	45	9	8	8,5	0,000405	197,6190476	239
	280	48	53	10	8	9	0,000429	240,4761905	279
	320	58	61	10	8	9	0,000429	283,3333333	319
	360	69	69	11	8	9,5	0,000452	328,5714286	359
	400	81	78	12	9	10,5	0,0005	378,5714286	399
	440	94	90	13	12	12,5	0,000595	438,0952381	439
	470	109	102	15	12	13,5	0,000643	502,3809524	469
	629,6	–	–	–	–	–	–	–	628
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Муфтовое соединение № 2р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	4	4	4	4	4	0,00019	19,04761905	40
	80	10	9	6	5	5,5	0,000262	45,23809524	80
	120	17	16	7	7	7	0,000333	78,57142857	120
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,0286 \text{ см}^2$	160	24	25	7	9	8	0,000381	116,6666667	160
	200	31	34	7	9	8	0,000381	154,7619048	199
	240	39	43	8	9	8,5	0,000405	195,2380952	239
	280	47	52	8	9	8,5	0,000405	235,7142857	279
	320	55	60	8	8	8	0,000381	273,8095238	319
	360	63	70	8	10	9	0,000429	316,6666667	359

Продолжение таблицы А.6

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m/B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	400	73	81	10	11	10,5	0,0005	366,6666667	399
	440	85	94	12	13	12,5	0,000595	426,1904762	439
	460	91	100	6	6	6	0,000286	454,7619048	459
	633,3	—	—	—	—	—	—	—	631
	База измерения деформаций $B = 210$ мм								
Муфтовое соединение № 3р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	4	5	4	5	4,5	0,000214	21,42857143	40
	80	7	16	3	11	7	0,000333	54,76190476	80
	120	16	27	9	11	10	0,000476	102,3809524	120
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,0286 \text{ см}^2$	160	26	38	10	11	10,5	0,0005	152,3809524	160
	200	36	49	10	11	10,5	0,0005	202,3809524	199
	240	46	60	10	11	10,5	0,0005	252,3809524	239
	280	56	72	10	12	11	0,000524	304,7619048	279
	320	67	84	11	12	11,5	0,000548	359,5238095	319
	360	79	96	12	12	12	0,000571	416,6666667	359
	400	91	109	12	13	12,5	0,000595	476,1904762	399
	440	106	124	15	15	15	0,000714	547,6190476	439
	480	125	140	19	16	17,5	0,000833	630,952381	479
	500	136	148	11	8	9,5	0,000452	676,1904762	499
	666,4	—	—	—	—	—	—	—	664
	База измерения деформаций $B = 210$ мм								
Муфтовое соединение № 4р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	3	7	3	7	5	0,000238	23,80952381	40
	80	6	14	3	7	5	0,000238	47,61904762	80
	120	10	21	4	7	5,5	0,000262	73,80952381	120

Продолжение таблицы А.6

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m/B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,0286 \text{ см}^2$	160	15	28	5	7	6	0,000286	102,3809524	160
	200	20	35	5	7	6	0,000286	130,952381	199
	240	25	42	5	7	6	0,000286	159,5238095	239
	280	31	50	6	8	7	0,000333	192,8571429	279
	320	40	58	9	8	8,5	0,000405	233,3333333	319
	360	48	66	8	8	8	0,000381	271,4285714	359
	400	58	74	10	8	9	0,000429	314,2857143	399
	440	69	83	11	9	10	0,000476	361,9047619	439
	480	80	92	11	9	10	0,000476	409,5238095	479
	490	83	96	3	4	3,5	0,000167	426,1904762	489
	659,2	—	—	—	—	—	—	—	657
База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$									
Муфтовое соединение № 5р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	7	3	7	3	5	0,000238	23,80952381	40
	80	15	8	8	5	6,5	0,00031	54,76190476	80
	120	23	15	8	7	7,5	0,000357	90,47619048	120
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,0286 \text{ см}^2$	160	31	22	8	7	7,5	0,000357	126,1904762	160
	200	39	29	8	7	7,5	0,000357	161,9047619	199
	240	47	36	8	7	7,5	0,000357	197,6190476	239
	280	54	44	7	8	7,5	0,000357	233,3333333	279
	320	61	52	7	8	7,5	0,000357	269,047619	319
	360	68	60	7	8	7,5	0,000357	304,7619048	359
	400	77	69	9	9	9	0,000429	347,6190476	399
	440	88	81	11	12	11,5	0,000548	402,3809524	439
	480	105	92	17	11	14	0,000667	469,047619	479
	500	114	99	9	7	8	0,000381	507,1428571	499
	550.9	—	—	—	—	—	—	—	694
База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$									

Продолжение таблицы А.6

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m/B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Муфтовое соединение № 6р	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
	40	3	4	3	4	3,5	0,000167	16,66666667	40
	80	7	8	4	4	4	0,00019	35,71428571	80
	120	10	14	3	6	4,5	0,000214	57,14285714	120
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,0286 \text{ см}^2$	160	15	20	5	6	5,5	0,000262	83,33333333	160
	200	20	25	5	5	5	0,000238	107,1428571	199
	240	25	32	5	7	6	0,000286	135,7142857	239
	280	30	39	5	7	6	0,000286	164,2857143	279
	320	38	46	8	7	7,5	0,000357	200	319
	360	46	55	8	9	8,5	0,000405	240,4761905	359
	400	57	65	11	10	10,5	0,0005	290,4761905	399
	440	69	77	12	12	12	0,000571	347,6190476	439
	480	85	93	16	16	16	0,000762	423,8095238	479
	505	100	106	15	13	14	0,000667	490,4761905	504
	665,2	—	—	—	—	—	—	—	663
	База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$								
Стержень 1р	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	4	4	4	4	4	0,00019	19,04761905	40
	80	9	8	5	4	4,5	0,000214	40,47619048	80
	120	14	11	5	3	4	0,00019	59,52380952	120

Окончание таблицы А.6

Наименование соединения	Усилие сжатия или растяжения F , кН	Показания индикаторов, $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Приращения деформаций ΔL , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$		Среднее значение приращений деформации ΔL_m , $\text{мм} \cdot 10^{-2}$	Приращение относительных деформаций $\varepsilon = \Delta L_m/B$	Суммарная относительная деформация $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$ $\varepsilon_s = \sum \varepsilon$	Напряжение $\sigma = F/S$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь поперечного сечения арматурного стержня $S = 10,0286 \text{ см}^2$	160	19	14	5	3	4	0,00019	78,57142857	160
	200	24	18	5	4	4,5	0,000214	100	199
	240	28	22	4	4	4	0,00019	119,047619	239
	280	33	25	5	3	4	0,00019	138,0952381	279
	320	38	29	5	4	4,5	0,000214	159,5238095	319
	360	42	32	4	3	3,5	0,000167	176,1904762	359
	400	47	37	5	5	5	0,000238	200	399
	440	52	42	5	5	5	0,000238	223,8095238	439
	480	57	49	5	7	6	0,000286	252,3809524	479
	520	63	57	6	8	7	0,000333	285,7142857	519
	675,9	—	—	—	—	—	—	—	674
База измерения деформаций $B = 210 \text{ мм}$									

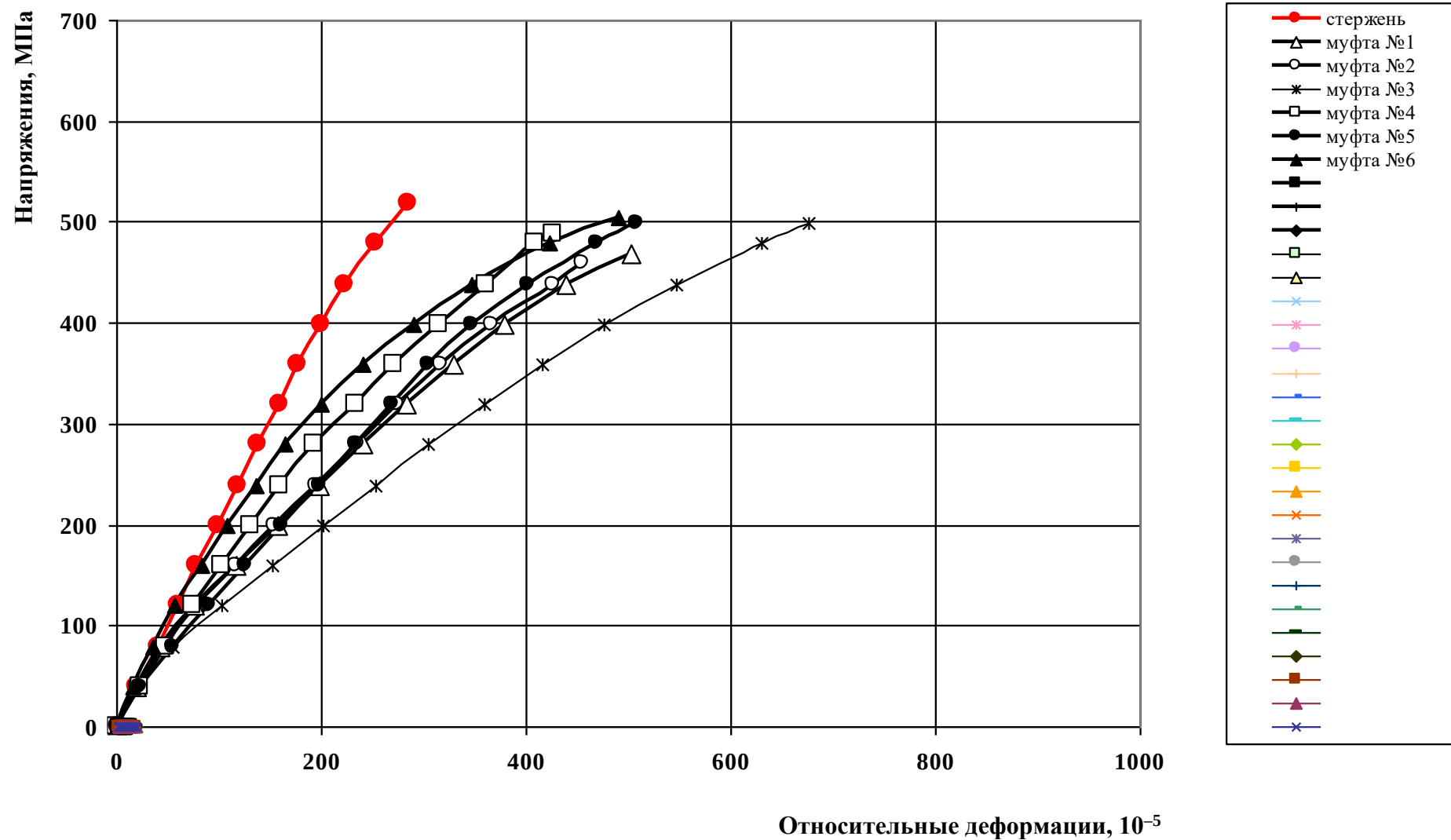


Рисунок А.9 – Диаграммы деформирования резьбовых механических соединений «Bartec Dextra» и арматурного стержня Ø 36 мм при растяжении



Рисунок А.10 – Вид испытанных резьбовых механических соединений «Bartec Dextra» и арматурного стержня Ø 25 мм на растяжение



Рисунок А.11 – Вид испытанных резьбовых механических соединений «Bartec Dextra» и арматурного стержня Ø 32мм на растяжение



**Рисунок А.12 – Вид испытанных резьбовых механических соединений «Bartec
Dextra» и арматурного стержня Ø 36 мм на растяжение**

Библиография

[1] Статически неопределимые железобетонные конструкции. Диаграммные методы автоматизированного расчета и проектирования: Методическое пособие. Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве. – М., 2017

[2] Карпенко С.Н., Чепизубов И.Г., Шифрин К.С. Методика проверки прочности и деформаций стыков арматуры при помощи муфт на резьбе // Материалы научно-технической конференции «Строительная физика в XXI веке». – М.: 2006. – С. 35–38

[3] Карпенко С.Н., Чепизубов И.Г. Влияние деформативности бетона на оценку прочности муфтовых соединений арматуры в железобетонных конструкциях // ВЕСТНИК Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – Серия: Строительство и архитектура. – Выпуск 31(50). – Ч. 2. Строительные науки. – 2013. – № 1. С. 35–41

[4] Карпенко С.Н., Травуш В.И., Чепизубов И.Г. Определение деформативности и прочности муфтовых соединений арматуры// International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 11(4) 52–61, 2015. С. 70–76

[5] Карпенко С.Н., Чепизубов И.Г. Усовершенствование перехода от диаграмм деформирования арматуры к диаграммам деформирования механических соединений арматуры // Строительство и реконструкция. – 2016. – № 3 (65). – С.18–23

[6] Карпенко С.Н., Чепизубов И.Г., Шифрин К.С. О результатах проверки прочности муфтовых соединений арматуры на резьбе по диаграммной методике. // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 11. – С. 60–62

Ключевые слова: арматурный стержень, резьбовое механическое соединение арматуры, несущая способность механического соединения, диаграмма деформирования, диаграммный метод расчета
