

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

А.В. Исаев

ИСПЫТАНИЕ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

Учебно-методическое пособие

по выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Технологии бетона,
строительных изделий и конструкций железобетона»
по направлению 08.03.01 Строительство, профиль «Производство и
применение строительных материалов, изделий и конструкций»

Нижегород
2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

А.В. Исаев

ИСПЫТАНИЕ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Технологии бетона,
строительных изделий и конструкций железобетона»
по направлению 08.03.01 Строительство, профиль «Производство и
применение строительных материалов, изделий и конструкций»

Нижегород
ННГАСУ
2025

УДК 691.87

Исаев, А.В. Испытание композитной арматуры : учебно-методическое пособие / А.В. Исаев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2025. – 16 с. – Текст : непосредственный.

В учебно-методическом пособии приводятся общие сведения о композитной полимерной арматуре для бетонных конструкций и методика выполнения лабораторной работы по её испытанию.

Учебно-методическое пособие предназначено для обучающихся в ННГАСУ по дисциплине «Технологии бетона, строительных изделий и конструкций железобетона» по направлению 08.03.01 Строительство, профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций».

Содержание

1 Общие сведения о композитной арматуре	4
2 Цель работы	10
3 Порядок выполнения работы	11
3.1 Общие указания	11
3.2 Аппаратура	11
3.3 Определение геометрических размеров	12
3.4 Определение предела прочности при растяжении	14
3.5 Определение содержания непрерывного армирующего наполнителя	14
Список использованных источников	16

1 Общие сведения о композитной арматуре

1.1 На композитную полимерную арматуру (далее – АКП) распространяется ГОСТ 31938 [1]. В этом стандарте приведён ряд базовых определений:

- композитная арматура: «стержень из полимерного композита с равномерно расположенным на его поверхности анкерочным слоем»;

- стержень: «сплошной структурированный стержень, состоящий из однонаправленного непрерывного армирующего наполнителя, определяющий физико-механические характеристики композитной полимерной арматуры»;

- анкерочный слой: «поперечные выступы, образованные намоткой на стержень непрерывного волокна, жгута или выдавливанием в силовом стержне выступов однородного материала, формирующие периодический профиль, предназначенные для обеспечения прочности сцепления композитной полимерной арматуры с бетоном. В качестве анкерочного слоя допускается применять песчаное покрытие, нанесённое на силовой стержень»;

- комбинированный композит: «реактопласт, армированный комбинацией стеклянного и углеродного волокна или комбинацией базальтового и углеродного волокна».

1.2 АКП классифицируют по следующим признакам [1]:

- по типу непрерывного армирующего наполнителя:

- стеклокомпозитную (АСК);

- базальтокомпозитную (АБК);

- углекомпозитную (АУК);

- комбинированную композитную (АКК). При изготовлении

АКК применяют два или более вида армирующего наполнителя;

- по типу термореактивной смолы:

- на основе эпоксидной смолы (Э);
- на основе полиэфирной смолы (ПЭ);
- по конфигурации и технологии изготовления периодического профиля:
 - форма 1 ф (рисунок 1.1);
 - форма 2ф (рисунок 1.2);
 - форма 3ф (рисунок 1.3);
 - также допускается изготавливать АКП с песочной посыпкой (рисунок 1.4);
- по состоянию поставки:
 - в прутках мерной длины (МД);
 - в мотках (М).



Рисунок 1.1 – Стеклокомпозитная арматура периодического профиля по форме 1ф [5]



Рисунок 1.2 – Стеклокомпозитная арматура периодического профиля по форме 2ф [6]

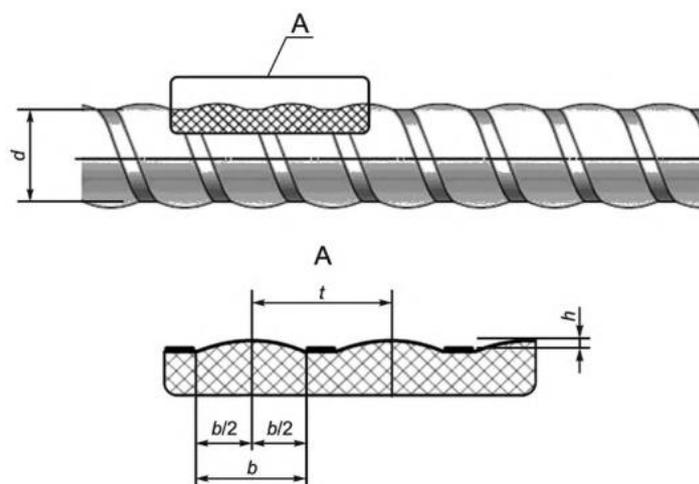


Рисунок 1.3 – Стеклокомпозитная арматура периодического профиля по форме 3ф [1]



Рисунок 1.4 – Композитная арматура с песочной посыпкой [7]

Условное обозначение АКП должно включать в себя: условное обозначение вида изделия по типу армирующего волокна, тип термореактивной смолы, конфигурацию периодического профиля, состояние поставки, номинальный диаметр, значение предела прочности при растяжении, значение модуля упругости при растяжении и обозначение действующего стандарта.

Примеры условных обозначений:

- арматура стеклокомпозитная на основе эпоксидной смолы, периодический профиль формы 1ф, в прутках мерной длины 11 700 мм, диаметром 12 мм с пределом прочности при растяжении 1000 МПа, модулем упругости при растяжении 50 000 МПа:

Пруток АСК-Э-1ф-МД – 12×11 700 – 1000/50 000 – ГОСТ 31938-2022

- арматура базальтокомпозитная на основе полиэфирной смолы, периодический профиль формы 3ф, в мотках, диаметром 8 мм, с пределом прочности при растяжении 1000 МПа, модулем упругости при растяжении 50 000 МПа:

Моток АБК-ПЭ-3ф-М – 8 – 1000/50 000 – ГОСТ 31938-2022

- арматура композитная комбинированная, содержащая основной армирующий наполнитель из стекловолокна и дополнительный из углеволокна, на основе эпоксидной смолы, периодический профиль формы 2ф, в прутках мерной длины 11 700 мм, диаметром 10 мм с пределом прочности при растяжении 1000 МПа, модулем упругости при растяжении 55 000 МПа:

АКК(СУ)-Э-2ф-МД – 10×11700 – 1000/55000 – ГОСТ 31938-2022

АКП может выпускаться номинальным диаметром от 6 до 22 мм (см. таблицу 1.2).

1.2 Требования к композитной арматуре

1.2.1 Основные требования к физико-механическим свойствам композитной арматуры приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Физико-механические свойства композитной арматуры по ГОСТ 31938-2022 [1]

Показатель	Значение для АКП вида		
	АСК, АБК	АУК	АКК
1	2	3	4
Предел прочности при растяжении σ_b , МПа, не менее	1000	1400	1000
Модуль упругости при растяжении E_f , ГПа, не менее	50	130	60
Предел прочности при сжатии σ_{bc} , МПа, не менее	300	300	300
Предел прочности при поперечном срезе τ_{sh} , МПа, не менее	150	200	150
Предел прочности сцепления с бетоном τ_b , МПа, не менее	12		
Снижение предела прочности при растяжении после выдержки в щелочной среде, %, не более	20		
Предел прочности сцепления с бетоном после выдержки в щелочной среде, МПа, не менее	10		
Водопоглощение, %, не более	0,15		
Продольная пористость	Не допускается проникновение красителя в течение 15 мин		

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
Температура стеклования полимерной матрицы, T_g , не менее	90		
Содержание непрерывного армирующего наполнителя M_{glass} , %, не менее	80		

1.2.2 [1] регламентирует геометрические характеристики АКП – внутренний диаметр, высоту и шаг выступов (по рисунку 1.5). В таблице 1.2 приведены геометрические требования к АКП с формой профиля 1ф и 2ф.

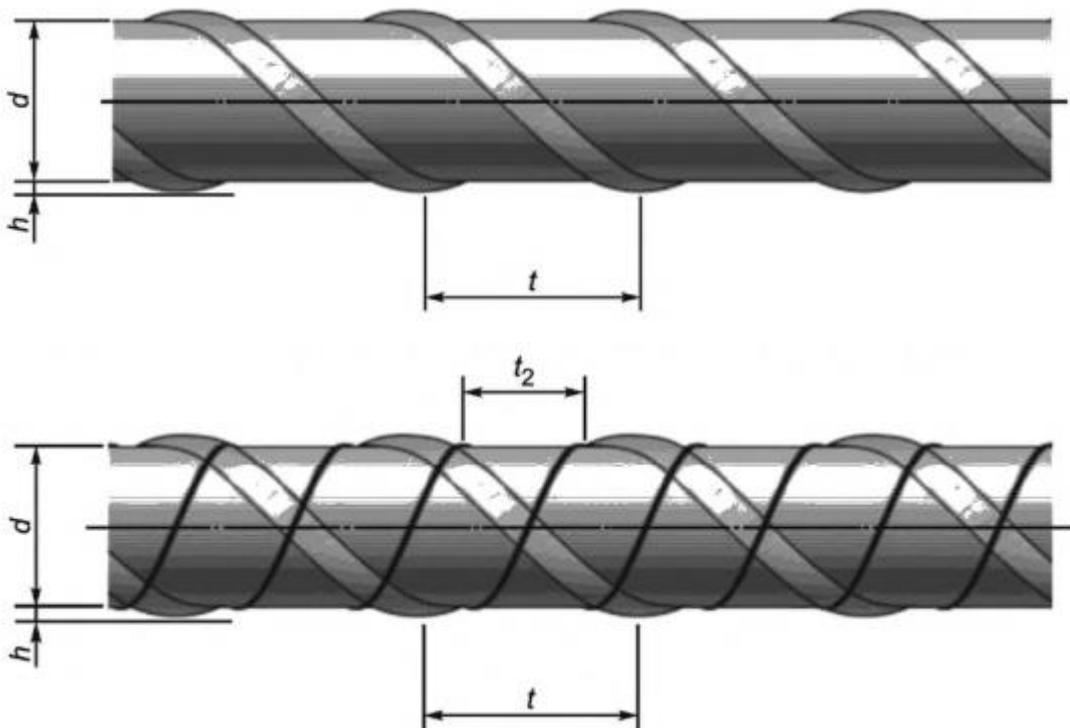


Рисунок 1.5 – Конфигурация и параметры периодических профилей АКП по форме 1ф (вверху) и 2 ф (внизу)

Таблица 1.2 – Геометрические требования к АКП с формой профиля 1ф и 2ф

В миллиметрах

Номинальный диаметр d_n		Внутренний диаметр d		Высота поперечных выступов h		Шаг поперечных выступов t, t_2	
6,0	- 0,10 + 0,30	6,0	$\pm 0,20$	0,6	- 0,20 + 0,50	От 8 до 12	$\pm 2,5$
6,5		6,5					
7,0		7,0					
7,5		7,5					
8,0		8,0					
8,5		8,5					
9,0		9,0					
9,5		9,5					
10,0	- 0,10 + 0,40	10,0	$\pm 0,30$	0,8	- 0,20 + 0,50	От 12 до 14	$\pm 2,5$
11,0		11,0					
12,0		12,0					
13,0		13,0					
14,0		14,0					
15,0		15,0					
16,0		16,0					
17,0	17,0						
18,0	- 0,20 + 0,40	18,0	$\pm 0,35$	1,2	- 0,20 + 0,50	От 14 до 16	$\pm 2,5$
20,0		20,0					
22,0		22,0					

2 Цель работы

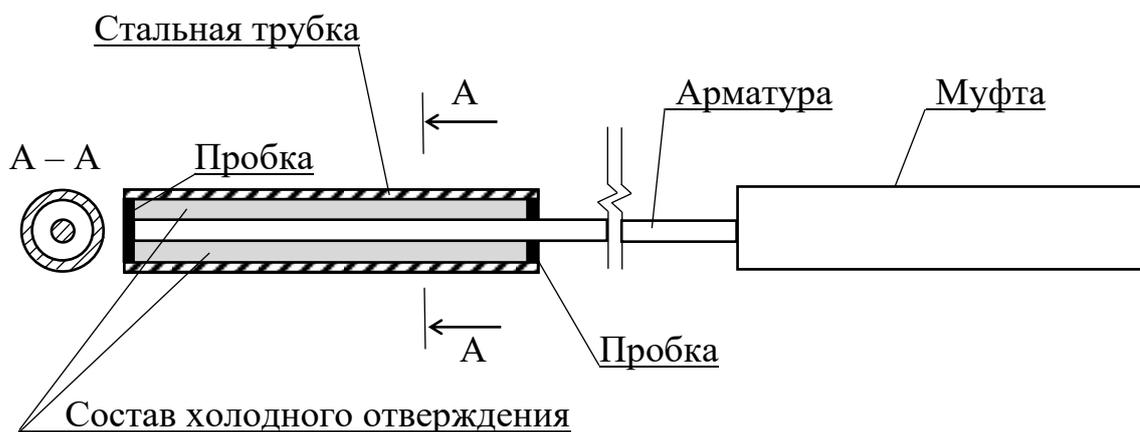
2.1 Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с методиками определения некоторых показателей АКП – предела прочности при растяжении, номинального и внутреннего диаметров, высоты и шага поперечных выступов, содержания непрерывного армирующего наполнителя, а также определение соответствия фактических свойств образцов АКП требованиям национального стандарта [1].

3 Порядок выполнения работы

3.1 Общие указания

Работа выполняется, как правило, всей подгруппой.

Кафедра готовит один образец АКП с обоймами для испытания на прочность при растяжении (см. рисунок 3.1), три образца длиной от 100 до 150 мм для определения геометрических размеров и один образец массой (5 ± 2) г для определения содержания непрерывного армирующего наполнителя.



Расстояние между муфтами – не менее $40d_n$; длина муфты не менее 300 мм

Рисунок 3.1 – Образец для испытания на прочность при растяжении

Испытание на прочность при растяжении проводит лаборант кафедры.

3.2 Аппаратура

Испытание образцов на прочность при растяжении проводится в разрывной машине Р-50.

Для определения геометрических размеров необходима стальная из-

мерительная линейка длиной 500 мм, штангенциркуль с глубиномером и весы для гидростатического взвешивания. В учебной работе допускается вместо гидростатического взвешивания измерять объём образцов в стеклянном мерном цилиндре.

Для определения содержания непрерывного армирующего наполнителя требуются электрическая печь, обеспечивающая температуру 625 °С, эксикатор, тигель и весы, обеспечивающие определение массы до 10 г с погрешностью не более 0,1 мг. В учебной работе допускается применять весы с погрешностью до 1 мг.

3.3 Определение геометрических размеров

3.3.1 Номинальный диаметр по [1] определяется методом гидростатического взвешивания. Метод основан на определении (по результатам гидростатического взвешивания) объёма образца определённой длины и последующем расчёте номинального диаметра.

Измеряют (с погрешностью не более 0,1 мм) длину каждого образца три раза, поворачивая его на угол 120° после каждого измерения. Среднее значение трёх измерений округляют до 0,1 мм.

В ёмкость для гидростатического взвешивания (см. рисунок 3.2) заливают дистиллированную воду, выдержанную при комнатной температуре в течение 2 ч.

Захват без образца погружают в ёмкость с водой, обнуляют или регистрируют показания весов.

На захвате крепят образец и фиксируют показание весов m_1 . Образец погружают вместе с захватом в воду и фиксируют показание весов m_2 .

Номинальный диаметр d_n , мм, вычисляют по формуле

$$d_H = \sqrt{\frac{4(m_1 - m_2)}{\pi \rho_B l}}, \text{ мм}, \quad (3.1)$$

где m_1 – масса образца на воздухе, мг;

m_2 – масса образца в воде, мг;

ρ_B – плотность воды, мг/мм³ (принимается $\rho_B = 1$ мг/мм³);

l – длина образца, мм.

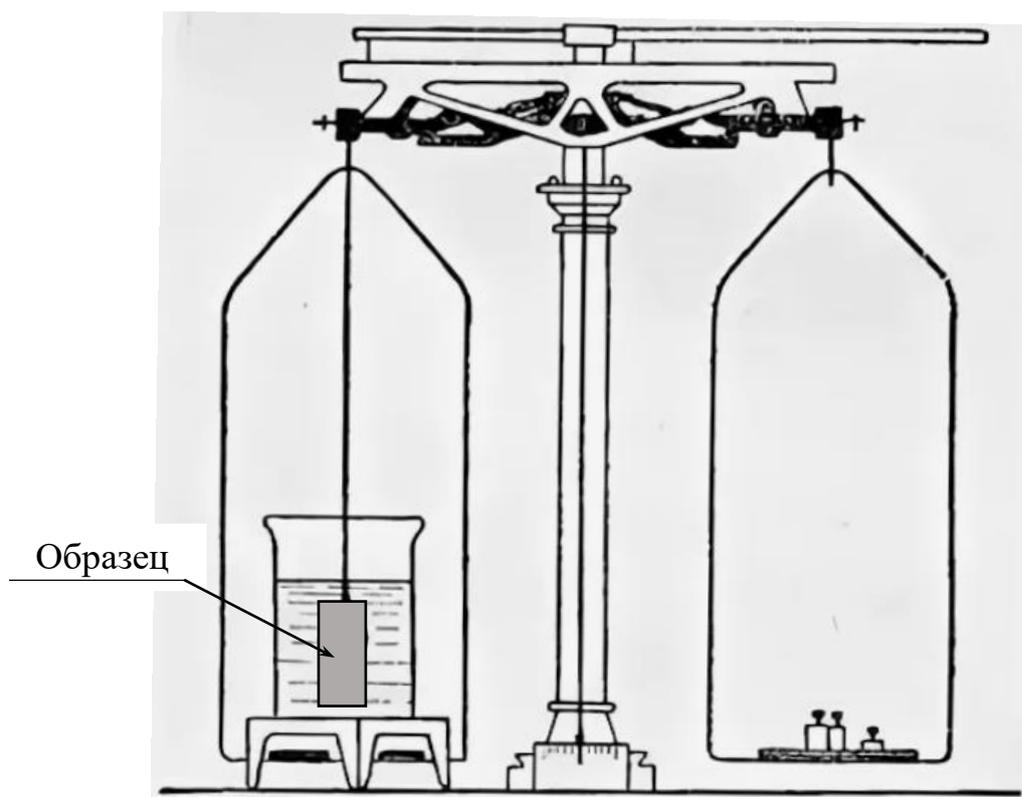


Рисунок 3.2 – Гидростатическое взвешивание

В учебной работе допускается измерять объём образцов погружением в воду в мерном цилиндре.

3.3.2 По ГОСТ 31938-2022 [1] внутренний диаметр, высоту и шаг поперечных выступов контролируют штангенциркулем, микрометром или профильным измерительным инструментом (калибры, шаблоны и т. п.). В учебной работе применяется штангенциркуль с глубиномером.

Измерения проводят (с погрешностью не более 0,1 мм) каждого об-

разца три раза, поворачивая его на угол 120° после каждого измерения. Среднее значение трёх измерений округляют до 0,1 мм.

3.4 Определение предела прочности при растяжении [4]

Образец по рисунку 3.1 зажимают в захватах разрывной машины и нагружают со скоростью, обеспечивающей разрушение образца через (3 – 10) мин после начала испытания. Скорость следует рассчитать заранее, исходя из нормируемого значения прочности АКП и номинальной площади поперечного сечения по формуле

$$v = \frac{\sigma_{в.н} \cdot A_n}{\tau}, \text{ Н/с}, \quad (3.2)$$

где $\sigma_{в.н}$ – нормируемый предел прочности при растяжении, МПа. Принимается по таблице 1.1;

A_n – номинальная площадь сечения арматуры, мм²;

τ – продолжительность испытания. Рекомендуется принять 240 с.

Фактический предел прочности при растяжении определяется по формуле

$$\sigma_{в} = \frac{F_p}{A_n}, \text{ МПа}, \quad (3.3)$$

где F_p – разрушающая нагрузка, Н.

3.5 Определение содержания непрерывного армирующего наполнителя

Данное испытание должно проводиться по методике, приведённой в [2], но в учебной работе студенты выполняют его в упрощённом виде.

На весах определяется масса пустого тигля m_1 . Образец АКП помещается в тигель и определяется их общая масса m_2 . Тигель с образцом помещается в муфельную печь, предварительно нагретую до температуры $(625 \pm 20) \text{ }^\circ\text{C}$, и выдерживается в ней до постоянной массы. Тигель с образцом переносится в эксикатор с влагопоглотителем и охлаждается в нём до температуры окружающей среды, после чего определяется его масса m_3 .

Массовую долю наполнителя M_{glass} , %, определяют по формуле

$$M_{\text{glass}} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100, \% \quad (3.4)$$

Список использованных источников

1 ГОСТ 31938-2022 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия.

2 ГОСТ 32486-2021 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения структурных и термомеханических характеристик.

3 ГОСТ 32487-2015 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения характеристик стойкости к агрессивным средам.

4 ГОСТ 32492-2015 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения физико-механических характеристик.

5 Официальный сайт ООО «Армпласт», г. Самара/ Электронный ресурс / Режим доступа

<https://arm-plast.ru/assets/images/products/1826/big/02.jpg> / Дата обращения 27.12.2023 г.

6 Официальный сайт Интернет-проекта ivd.ru / Электронный ресурс / Режим доступа

https://www.ivd.ru/images/cache/2019/8/10/heighten_670_q90_995111_016b5f6208.jpeg / Дата обращения 02.11.2024 г.

7 Официальный сайт ООО «БКД» / Электронный ресурс / Режим доступа <https://moskva.gkbis.ru/upload/iblock/788/1s632n44p8jgevcfrfn0ivpe2uezol2pv.jpg> / Дата обращения 27.12.2023 г.

