

УДК 69.058.5

DOI: 10.22213/2413-1172-2025-2-67-75

## Автоматизированная система контроля параметров механического нагружения образцов композитной арматуры

**А. Ю. Демин**, доктор технических наук, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

**А. П. Ильин**, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

**А. Г. Миловзоров**, кандидат технических наук, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

**Д. Г. Миловзоров**, кандидат технических наук, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

**Г. В. Миловзоров**, доктор технических наук, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

**Р. Ш. Низамов**, генеральный директор ООО «НПО «Гарант композит», Набережные Челны, Россия

*В начале XIX века железобетон получил широкое распространение в строительстве и до сих пор популярен. Несмотря на его преимущества как конструкционного материала, обладающего высокой прочностью и жесткостью, которые придает ему стальная арматура, он имеет ряд недостатков: большой вес, высокая стоимость, подверженность коррозии и др. Поэтому в настоящее время ведутся поиски способов совершенствования свойств бетона, которые позволят исключить перечисленные недостатки. К таким исследованиям относится разработка различных добавок, улучшающих его свойства по самовосстановлению, а также замена стальной арматуры на композитную. В процессе производства арматуры необходимо контролировать физико-механические характеристики получаемого изделия, к которым относятся пределы прочности при растяжении, сжатии, предельное напряжение при поперечном срезе и др. Для определения разрушающей нагрузки композитной арматуры, изготовленной из стеклопластика, при продольном срезе был разработан экспериментальный образец автоматизированной системы контроля параметров нагружения. Ее основными функциональными элементами являются: исполнительное устройство, устройство управления и персональный компьютер. На основании механической части стенда автоматизированной системы контроля параметров нагружения размещен блок актуатора, выдвижной шток и гидроцилиндр, в торцевой части которого установлен датчик давления. Испытываемый образец арматуры устанавливается между муфтами исполнительного устройства. Актуатор приводит в движение шток, который воздействует на испытываемый образец композитной арматуры, устанавливаемый в муфте гидроцилиндра, в торцевой части которого установлен датчик давления. Когда усилие, создаваемое штоком на буртик испытываемого образца достигает критического значения, происходит его разрушение. Значение данного усилия фиксируется и регистрируется в компьютере. Максимальная нагрузка, которую может создавать АСКПН, 2000 Н при длине хода актуатора до 200 мм.*

**Ключевые слова:** железобетон, арматура, автоматизированная система, нагрузка, разрушение, контроль параметров.

**Введение**

**П**осле создания железобетона в XIX веке началось активное развитие строительной науки и техники. Железобетон завоевал лидирующие позиции в строительстве и остается основным конструкционным материалом [1–3]. Бетонные конструкции со стальной арматурой обладают высокой жесткостью и прочностью, обеспечивают огнестойкость объектам и зданиям. Исследования по увеличению его срока службы не утратили своей актуальности [4–6]. Несмотря на многочисленные преимущества, железобетон имеет ряд недостатков: большой вес, высокая теплопроводность, подверженность коррозии. В настоящее время ведутся исследования по поиску добавок для улучшения свойств бетона и увеличения

срока службы [7–9], а также разработке нового материала, который исключит недостатки арматурной стали и будет иметь все ее преимущества [10–12]. На сегодняшний день альтернативой является композитная (стеклопластиковая) арматура [13–15]. Большую популярность она получила в конструкциях, эксплуатируемых в агрессивных средах, а также в условиях повышенной влажности. Ведутся разработки по созданию металло-стекло-полимерных композитов армирования бетона (гибридная арматура), которая будет отличаться повышенной прочностью [16, 17].

Таким образом, определенный интерес представляет композитная стеклопластиковая арматура. Она дешевле в производстве по сравнению со стальной, а также подходит для строитель-

ва ряда сооружений, обеспечивая необходимые прочностные свойства бетона.

Композитная арматура состоит из несущего стержня и силового покрытия. Несущий стержень и силовое покрытие (продольно ориентированные стеклонити) соединены между собой затвердевшей термореактивной смолой. От качества соединения несущего стержня с силовым покрытием зависит основная прочностная характеристика композитной арматуры – сопротивление разрушению (разрыву).

Для контроля качества стеклопластиковой арматуры применяются методы разрушающего и неразрушающего контроля (РК и НК соответственно). Согласно ГОСТ Р 56787–2015 «Композиты полимерные. Неразрушающий контроль» к НК относятся: акустическая эмиссия, компьютерная томография, радиография, ультразвуковой контроль и др. Они позволяют выявлять такие дефекты, как расслоение, нарушение связей между волокнами, разрывы, микротрещины, пористость, изменение толщины и др.

В сравнении с РК методы НК имеют ряд преимуществ, но требуют адаптации, в частности, волноводной методики контроля к особенностям испытываемых образцов деталей [18–20].

Методы РК предназначены для определения физико-механических характеристик композитной арматуры, таких как предел прочности, модуль упругости, относительное удлинение. В межгосударственном стандарте ГОСТ 32492–2015 «Арматура композитная полимерная для арми-

рования бетонных конструкций. Методы определения физико-механических характеристик» приняты методики РК композитной арматуры на осевое растяжение, сжатие, поперечный срез и др. Результатом испытаний является определение пределов прочности при растяжении, сжатии и поперечном срезе, номинальный диаметр и др.

Методы РК и НК позволяют выявить те или иные дефекты в испытываемых образцах. Но для повышения точности измерений необходимо применять их комплексно.

Для оценки силы сцепления слоев армированного продольными волокнами материала композитной арматуры выполняется испытание на продольный срез вдоль волокон. На рынке в настоящее время представлено оборудование, позволяющее определить прочностные характеристики арматуры при продольном растяжении или сжатии, а также на поперечный срез.

**Цель исследования** – проектирование автоматизированной системы контроля параметров нагружения (АСКПН) прочностных характеристик композитной арматуры из стекловолокна при продольном срезе.

#### Аппаратура и материалы

На рисунке 1 представлена структурная схема предлагаемой установки. Основными функциональными элементами системы являются: исполнительное устройство (ИУ), устройство управления (УУ) и персональный компьютер (ПЭВМ).

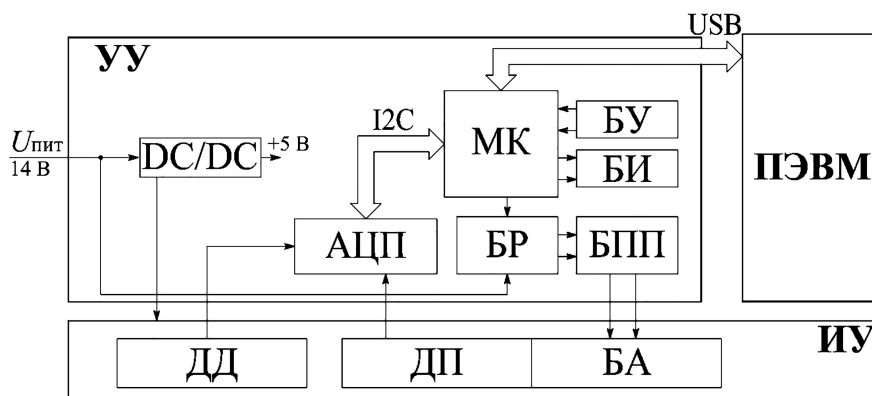


Рис. 1. Структурная схема АСКПН

Fig. 1. Block diagram of the ASKPN

Устройство управления содержит источник питания, выполненный на основе DC/DC-преобразователя, запитываемый от внешнего источника постоянного напряжения +14 В и преобразующий его в стабилизированное постоянное напряжение +5 В, необходимое для функционирования микропроцессорных эле-

ментов системы и аналого-цифрового преобразователя. В устройство управления также входят: аналого-цифровой преобразователь (АЦП), микроконтроллер (МК), блок управления (БУ), блок индикации (БИ), блок реле (БР) и блок плавного пуска (БПП). В исполнительное устройство входят: датчик давления (ДД), датчик

положения штока актуатора (ДП) и блок актуатора (БА).

На рисунке 2 представлен алгоритм работы экспериментального образца стенда АСКПН.

Механическая часть стенда АСКПН выполнена в виде обособленной конструктивной единицы. На общем основании (шасси) на опреде-

ленном расстоянии размещены блок актуатора (БА) и гидроцилиндр, в торцевой части которого установлен датчик давления (ДД). Блок актуатора БА содержит сам актуатор, узел крепления корпуса к шасси и направляющий элемент выдвижного штока (рис. 3). Гидроцилиндр и БА на шасси позиционированы соосно.

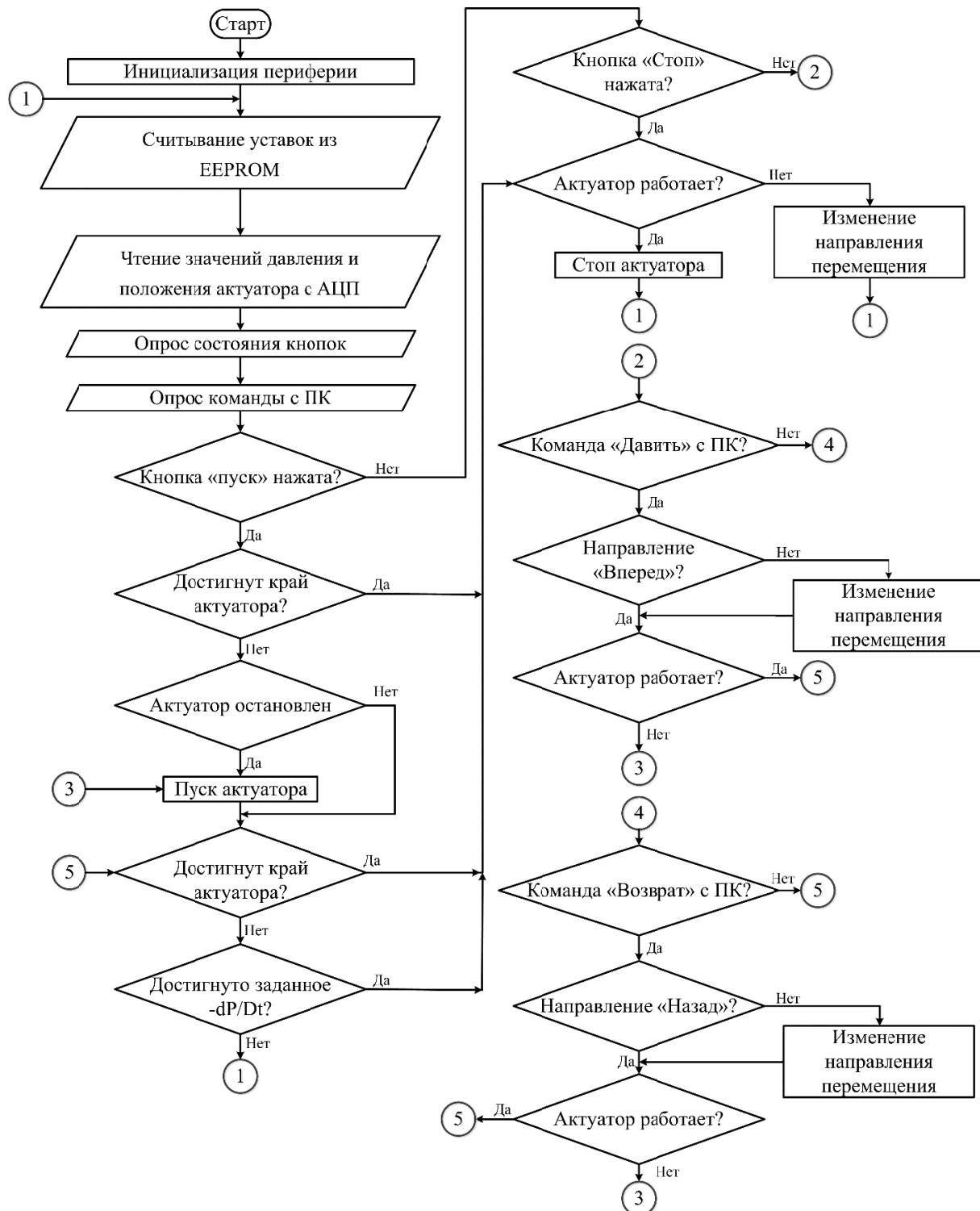


Рис. 2. Алгоритм работы АСКПН

Fig. 2. Algorithm of operation of the ASKPN

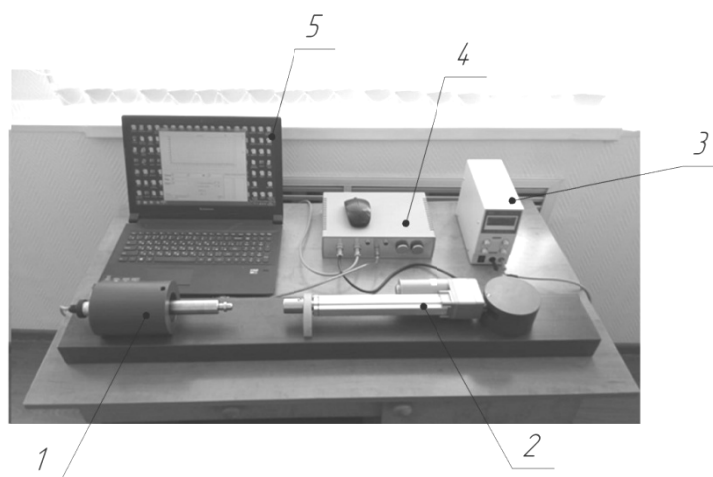


Рис. 3. Внешний вид АСКПН: 1 – гидроцилиндр с датчиком давления; 2 – актуатор; 3 – источник питания; 4 – блок плавного пуска; 5 – ноутбук (персональный компьютер)

Fig. 3. The appearance of the ASCPN: 1 - hydraulic cylinder with pressure sensor; 2 - actuator; 3 - power source; 4 - soft start unit; 5 - laptop (personal computer)

В качестве датчика давления применен датчик APZ 3420 k-G-B-2502-D-40-E-200-N-00-ГП. Чувствительный элемент датчика выполнен на основе тензорезистивного сенсора с разделительной мембраной из нержавеющей стали. Датчик APZ 3420k предназначен для измерения избыточного давления в диапазоне 0...250 бар. Относительная погрешность не превышает  $\pm 0,5\%$ ; динамический диапазон выходного сигнала составляет 0...5 В; разрешающая способность составляет 0,8 мкВ, что достаточно для проведения измерений по требуемым задачам. Механическое присоединение M20x1,5. Датчик APZ 3420k поставляется потребителю в стандартном исполнении с госповеркой.

В качестве актуатора использовано устройство LA-180-200-2000/5-DC12. К основным его характеристикам относятся:  $U_{пит} = 12$  В, длина хода 200 мм, нагрузка до 2000 Н, скорость подачи штока 5 мм/с; режим работы: 2 мин включенное состояние, 18 мин – выключенное. Особенностью данного актуатора является наличие встроенного потенциометра, характеризующего положение штока.

Вид рабочего окна разработанной автоматизированной системы контроля приведен на рисунке 4.

Назначения обозначенных позиций рабочего окна АСКПН приведены в таблице.

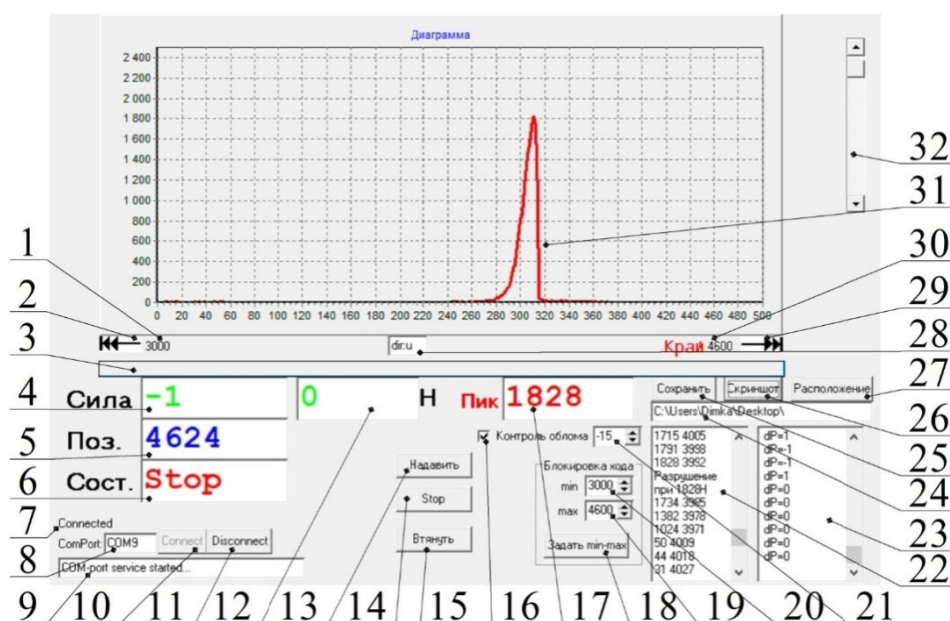



Рис. 4. Вид рабочего окна программы АСКПН

Fig. 4. View of the working window of the ASCPN program


## Описание назначения элементов экрана работы программы

## Description of the purpose of the elements of the program operation screen

Обозначение позиций	Описание	Примечание
1	Минимально возможное положение актуатора. Если горит сообщение «край» слева – запуск возможен только нажатием кнопки «втянуть»	Считывается из памяти EEPROM прибора
2	Индикация перемещения актуатора. При работе в режиме «давить» становится зеленым. При достижении минимального положения актуатора автоматически подается команда «стоп» и актуатор останавливается. Индикатор становится белым	
3	Полоса визуального отображения положения актуатора. В режиме «давить» заполняется синим цветом справа налево	
4	Значение давления с датчика давления в относительных единицах	
5	Значение, пропорциональное текущему положению вала актуатора в относительных единицах	
6	Состояние работы актуатора	Stop/Work
7	Состояние подключения по виртуальному COM-порту	Connected/Disconnected
8	Название COM-порта. Определяется из диспетчера устройств. Порты COM и LPT. Должно соответствовать USB-Serial CH340	COM1 – системный, не используется
9	Состояние обмена по виртуальному COM-порту	COM-port service started/ COM-port service stoped
10	Кнопка подключения по виртуальному COM-порту прибора к ПЭВМ	Нажимается автоматически при запуске программы
11	Кнопка отключения по виртуальному COM-порту прибора от ПЭВМ	
12	Значение силы, рассчитанное по сигналу с датчика давления в Ньютонах	
13	Кнопка запуска актуатора в режиме «давить». При достижении минимального положения актуатора запуск не производится	
14	Кнопка остановки актуатора	
15	Кнопка запуска актуатора в режиме «втянуть». При достижении максимального положения актуатора запуск не производится	
16	Разрешение автоматической остановки актуатора в режиме «давить» при заданном значении отрицательного изменения давления $dP/dt$ после разрушения образца	Вкл./выкл.
17	Максимальное зафиксированное значение силы, рассчитанное по сигналу с датчика давления в ньютонах	Соответствует пику на диаграмме
18	Кнопка задания минимального и максимального значений положения актуатора, ограничивающих перемещение вала актуатора	Значения записываются в память EEPROM прибора
19	Задание максимального значения положения актуатора, ограничивающего перемещение вала актуатора	Значения записываются в память EEPROM прибора при нажатии кнопки 18
20	Задание минимального значения положения актуатора, ограничивающего перемещение вала актуатора	Значения записываются в память EEPROM прибора при нажатии кнопки 18
21	Задание значения $dP/dt$ для автоматической остановки актуатора в режиме «давить»	
22	Текстовое окно, содержащее лог информации о текущих значениях давления и положения вала актуатора	Целиком сохраняется в файл при нажатии кнопки 25
23	Текстовое окно, содержащее лог информации о текущем значении $dP/dt$	

Окончание таблицы

Table (continued)

Обозначение позиций	Описание	Примечание
24	Путь до папки, где сохраняются текстовый лог, диаграмма и скриншот работы прибора	
25	Кнопка сохранения текстового лога и диаграммы работы прибора	Сохранение происходит в папку, указанную в пути в строке 24
26	Кнопка сохранения скриншота работы прибора	Сохранение происходит в папку, указанную в пути в строке 24
27	Задание пути до папки, где сохраняются текстовый лог, диаграмма и скриншот работы прибора	При нажатии открывается стандартное диалоговое окно выбора папки
28	Указание текущего направления перемещения вала актуатора. Актуально для ручного управления прибором с кнопок на корпусе	d – режим «давить» u – режим «втянуть»
29	Индикация перемещения актуатора. При работе в режиме «втянуть» становится зеленым. При достижении максимального положения актуатора автоматически подается команда «стоп» и актуатор останавливается. Индикатор становится белым	
30	Максимально возможное положение актуатора. Если горит сообщение «Край» справа – запуск возможен только нажатием кнопки «давить»	Считывается из памяти EEPROM прибора
31	Диаграмма работы прибора	Вертикальный масштаб изменяется бегунком 32
32	Бегунок для изменения масштаба диаграммы	

Наибольшее значение амплитуды диаграммы соответствует нагрузке разрушения буртика испытываемого образца. Размеры образца композитной арматуры приведены на рисунке 5.

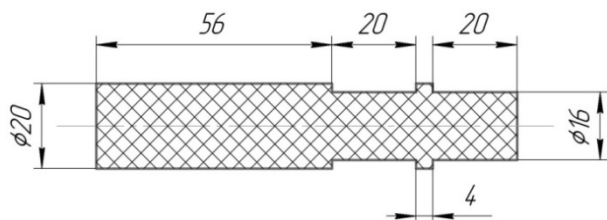


Рис. 5. Эскиз испытываемого образца композитной арматуры

Fig. 5. Sketch of the tested sample of composite reinforcement

Образец устанавливается между муфтами актуатора, после чего программно запускается его движение. Процесс регистрации создаваемого усилия на испытуемый образец регистрируется в автоматическом режиме и сохраняется в памяти ноутбука (компьютера). Так, в ходе испытания было зафиксировано усилие в 1828 Н, после чего произошел сдвиг буртика относительно центральной части образца.

### Выводы

Таким образом, для своевременного выявления дефектов при производстве стеклопла-

стиковой арматуры необходимо в комплексе применять методы РК и НК. Согласно ГОСТ 32492–2015 для определения прочностных характеристик изделий приняты методики на осевое растяжение, сжатие, поперечный срез и др. Но для оценки силы сцепления армированных волокон арматуры необходимо проводить испытания на продольный срез.

С этой целью спроектирована автоматизированная система, состоящая из устройства управления, исполнительного устройства, источника питания и персонального компьютера. В устройство управления входят: аналого-цифровой преобразователь, микроконтроллер, блок управления, блок индикации, блок реле и блок плавного пуска. Исполнительное устройство включает в себя гидроцилиндр с датчиком давления, датчик положения штока актуатора и блок актуатора.

Максимальная нагрузка, которую может создавать АСКПН, равна 2000 Н при длине хода актуатора до 200 мм.

### Библиографические ссылки

1. Эффективность применения сборно-монолитных каркасных систем в гражданском строительстве / М. Д. Стрелкова, К. И. Стрелец, В. З. Величкин, М. В. Петроченко // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16, № 11. С. 1493–1507. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.11.1493-1507. EDN JOONSW.



2. Пасхин Д. В., Соколов Б. С. Большепролетные сегментные своды из крупноразмерных железобетонных сводчатых панелей-оболочек // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 4. С. 51–56. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.04.51-56. EDN ZARUHS.
3. Савин С. Ю., Федорова Н. В., Колчунов В. И. Устойчивость железобетонных каркасов зданий в запредельных состояниях // Academia. Архитектура и строительство. 2023. № 4. С. 127–137. DOI: 10.22337/2077-9038-2023-4-127-137. EDN DCUCL.
4. Беглов А. Д., Санжаровский Р. С., Тер-Эммануильян Т. Н. Современная теория ползучести железобетона // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2024. Т. 20, № 1. С. 3–13. DOI: 10.22363/1815-5235-2024-20-1-3-13. EDN WVKFJM.
5. Адищев В. В., Петрова О. В. Расчет напряженно-деформированного состояния армированных стержней при внецентренном сжатии с малым эксцентриситетом // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2024. № 5(785). С. 5–24. DOI: 10.32683/0536-1052-2024-785-5-5-24. EDN SNXRFL.
6. Повышение эффективности дисперсного армирования в высокопрочных самоуплотняющихся и каркасных бетонах / В. Т. Ерофеев, О. В. Тараканов, С. В. Ананьев [и др.] // Строительные материалы. 2024. № 3. С. 15–24. DOI: 10.31659/0585-430X-2024-822-3-15-24. EDN JYBOPL.
7. Маркович А. С., Милосердова Д. А. Свойства дисперсных волокон для эффективного армирования бетонов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18, № 2. С. 182–192. DOI: 10.22363/1815-5235-2022-18-2-182-192. EDN RIYGSR.
8. Высокоэффективный наномодифицированный бетон повышенной прочности и долговечности / С. П. Касаткин, В. Я. Соловьева, И. В. Степанова [и др.] // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2022. Т. 14, № 6. С. 493–500. DOI: 10.15828/2075-8545-2022-14-6-493-500. EDN SNRCRN.
9. Цырятьева А. В., Тюкавкина В. В. Влияние титаносиликатных порошков на прочностные свойства бетонных смесей и их способность к самоочищению // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2022. Т. 13, № 1. С. 265–270. DOI: 10.37614/2949-1215.2022.13.1.046. EDN DILTYG.
10. Кузнецова И. С., Рябченкова В. Г., Акопян Д. В. Огнестойкость плитных конструкций из фибробетона с добавкой стеклопластиковой макрофибры // Бетон и железобетон. 2022. № 2(610). С. 10–19. DOI: 10.31659/0005-9889-2022-610-2-10-19. EDN CVOWJB.
11. Сизяков И. Д. Трещиностойкость бетона со стеклопластиковой и стальной фиброй // Инженерный вестник Дона. 2024. № 5(113). С. 379–387. EDN SVAFFR.
12. Ингибирование коррозии бетонного композита комбинированной добавкой нитрита натрия и силиката натрия / В. Е. Румянцева, В. С. Коновалова, И. Н. Гоглев, Н. С. Касьяненко // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2021. Т. 64, № 8. С. 57–62. DOI: 10.6060/ivkkt.20216408.6366. EDN TSGOCV.
13. Применение сталекомпозитных стержней в качестве нового вида армирования строительных конструкций / В. И. Римшин, А. В. Калайдо, С. В. Усанов, П. А. Амелин // Университетская наука. 2024. № 1 (17). С. 95–100. EDN MPZSHJ.
14. Сергеева Е. А. Обоснование рациональности использования композитной арматуры в малоэтажном строительстве // Научное обозрение. Технические науки. 2023. № 5. С. 26–30. DOI: 10.17513/srts.1449. EDN EDKWMW.
15. Эксплуатационные характеристики полимерной композитной арматуры / В. А. Селезнев, В. А. Какуша, В. А. Ушков [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 1. С. 42–50. DOI: 10.33622/0869-7019.2021.01.42-50. EDN MQZITQ.
16. Исследование влияния модификации карбидом кремния полимерной матрицы на свойства стеклопластиковых стержней / А. А. Кычкин, А. Г. Туилов, Е. М. Максимова [и др.] // Южно-Сибирский научный вестник. 2022. № 2 (42). С. 40–45. DOI: 10.25699/SSSB.2022.42.2.006. EDN QMGBLH.
17. Кириллов А. А. Применение полимерных композитных материалов в капитальном строительстве // Вестник молодого ученого УГНТУ. 2023. № 2 (22). С. 205–211. EDN ZEHVWC.
18. Стрижак В. А. Акустический контроль прутков композитной арматуры с учетом процента армирования // Дефектоскопия. 2022. № 10. С. 37–48. DOI: 10.31857/S0130308222100049. EDN BTDEBK.
19. Неразрушающий контроль композитной полимерной арматуры / А. В. Бучкин, В. Ф. Степанова, В. А. Стрижак [и др.] // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2021. № 4 (267). С. 59–66. EDN KCDDDL.
20. Стрижак В. А. Искусственный отражатель для настройки дефектоскопа, реализующего акустический волноводный метод контроля композитной арматуры // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 2. С. 5–15. DOI: 10.22213/2413-1172-2020-2-5-15. EDN NZFFOP.

## References

1. Strelkova M.D., Strelets K.I., Velichkin V.Z., Petrochenko M.V. (2021) [The application efficiency of precast monolithic frame systems in civil engineering]. *Vestnik MGSU*, vol. 16, no. 11, pp. 1493–1507 DOI: 10.22227/1997-0935.2021.11.1493-1507 (in Russ.).
2. Pashin D.V., Sokolov B.S. (2022) [Large-span segmental vaults made of large-sized reinforced concrete vaulted shell panels]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, no. 4, pp. 51–56. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.04.51-56 (in Russ.).
3. Savin S.Y., Fedorova N.V., Kolchunov V.I. (2023) [Stability Analysis of Reinforced Concrete Building Frames under Ultimate States]. *Akademiya. Arhitektura i stroitel'stvo*, no. 4, pp. 127–137. DOI: 10.22337/2077-9038-2023-4-127-137 (in Russ.).

4. Beglov A.D., Sanjarovskiy R.S., Ter-Emmanulyan T.N. (2024) [Modern theory of creep of reinforced concrete]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktsiy i sooruzhenij*, vol. 20, no. 1, pp. 3-13. DOI: 10.22363/1815-5235-2024-20-1-3-13 (in Russ.).
5. Adishchev V.V., Petrova O.V. (2024) [Calculation of the stress-strain state of reinforced rods under eccentric compression with a small eccentricity]. *News of Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo*, vol. 575, no. 5, pp. 5-24. DOI: 10.32683/0536-1052-2024-785-5-5-24 (in Russ.).
6. Yerofeyev V.T., Tarakanov O.V., Anan'yev S.V., Lesnov V.V., Yerofeyeva I.V., Sanyagina Y.A., Sidorov N.S., Anan'yeva Y.S. (2024) [Improving the efficiency of dispersed reinforcement in high-strength self-compacting and frame concrete]. *Stroitel'nyye materialy*, no. 3, pp. 15-24. DOI: 10.31659/0585-430X-2024-822-3-15-24 (in Russ.).
7. Markovich A.S., Miloserdova D.A. (2022) [Properties of dispersed fibers for efficient concrete reinforcement]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktsiy i sooruzhenij*, vol. 18, no. 2, pp. 182-192. DOI: 10.22363/1815-5235-2022-18-2-182-192 (in Russ.).
8. Kasatkin S.P., Soloviova V.Y., Stepnova I.V., Kuznetsov D.V., Sinitin D.A. (2022) [High-performance nano-modified concrete of increased strength and durability]. *Nanotekhnologii v stroitel'stve: nauchnyj internet-zhurnal*, vol. 14, no. 6, pp. 493-500. DOI: 10.15828/2075-8545-2022-14-6-493-500 (in Russ.).
9. Tsyratyeva A.A., Tyukavkina V.V. (2022) [Influence of titanosilicate powders on the strength properties of concrete mixtures and their ability to self-cleaning]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN. Seriya: Tekhnicheskie nauki*, vol. 13, no. 1, pp. 265-270. DOI: 10.37614/2949-1215.2022.13.1.046 (in Russ.).
10. Kuznetsova I.S., Ryabchenkova V.G., Akopyan D.V. (2022) [Fire resistance of fibroconcrete slab structures with addition of fiberglass macrofibre]. *Beton i zhelezobeton*, vol. 610, no. 2, pp. 10-19. DOI: 10.31659/0005-9889-2022-610-2-10-19 (in Russ.).
11. Sizyakov I.D. (2024) [Residual strength of concrete with fibreglass and steel fibres]. *Inzhenernyj vestnik Dona*, vol. 113, no. 5, pp. 379-387 (in Russ.).
12. Rumyantseva V.E., Konvalova V.S., Gogolev I.N., Kasiyanenko N.S. [Inhibition of concrete composite corrosion by combined addition of sodium nitrite and sodium silicate]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Seriya: Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, vol. 64, no. 8, pp. 57-62. DOI: 10.6060/ivkkt.20216408.6366 (in Russ.).
13. Rimshin V.I., Kalaido A.V., Usanov S.V., Amelin P.A. [Application of steel-continuous-fiber composite bars as a new type of reinforcement for building structures] *Universitetskaya nauka*, vol. 17, no. 1, pp. 95-100 (in Russ.).
14. Sergeeva E.A. (2023) [Justification of the rationality of use of composite reinforcement in low-rise construction]. *Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki*, no. 5, pp. 26-30. DOI: 10.17513/srts.1449 (in Russ.).
15. Seleznev V.A., Kakusha V.A., Ushakov V.A., Chukov N.A., Gorbunov I.A. (2021) [Performance characteristics of polymer composite reinforcement]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*, no. 1, pp. 42-50. DOI: 10.33622/0869-7019.2021.01.42-50 (in Russ.).
16. Kychkin A.A., Tuisov A.G., Maksimova E.M., Kychkin A.K., Lebedev M.P., Tarasova P.N. (2022) [Effect of silicon carbide reinforcement of polymer matrix composite on properties of glass fiber reinforced plastic rods]. *Yuzhno-Sibirskii nauchnyi vestnik*, vol. 42, no. 2, pp. 40-45. DOI: 10.25699/SSSB.2022.42.2.006 (in Russ.).
17. Kirillov A.A. (2023) [Application of polymeric composite materials in capital construction]. *Vestnik mladogo uchenogo UGNTU*, vol. 22, no. 2, pp. 205-211 (in Russ.).
18. Strizhak V.A. (2022) [Acoustic testing of composite rebars taking into account reinforcement ratio]. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, no. 10, pp. 37-48. DOI: 10.31857/S0130308222100049 (in Russ.).
19. Buchkin A.V., Stepnova V.F., Strizhak V.A., Yurin E.YU., Nikishov E.I. (2021) [Non destructive testing of fiber reinforced polymer rebar]. *Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka*, vol. 267, no. 4, pp. 59-66 (in Russ.).
20. Strizhak V.A. (2020) [Artificial reflector for setting up a flaw detector that implements an acoustic waveguide method for monitoring composite reinforcement]. *Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova*, vol. 23, no. 2, pp. 5-15. DOI: 10.22213/2413-1172-2020-2-5-15 (in Russ.).

#### Automated System for Monitoring Mechanical Loading Parameters of Composite Reinforcement Samples

A.Yu. Demin, DSc in Engineering, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

A.P. Ilyin, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

A.G. Milovzorov, PhD in Engineering, Udmurt State University, Izhevsk, Russia

D.G. Milovzorov, PhD in Engineering, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

G.V. Milovzorov, DSc in Engineering, Ufa State Oil Technical University, Ufa, Russia

R.S. Nizamov, General Director, NPO Garant Composite LLC, Naberezhnye Chelny, Russia

*In the beginning of the 19th century, reinforced concrete became widespread in construction and is still popular. Despite its advantages as a structural material with high strength and rigidity due to steel reinforcement, it has a number of disadvantages: high weight, high cost, susceptibility to corrosion, and etc. That is why there are researches to improve the concrete properties and eliminate its disadvantages are carried out nowadays. Such researches include development of various additives to improve concrete self-healing properties, as well as the replacement of steel reinforcement with composite one. It is necessary to control the physical and mechanical characteristics of the resulting*



*product liketensile strength, compression strength, ultimate stress in transverse shear, and etc. during reinforcement manufacturing. To determine the destructive load of fiberglass composite reinforcement at longitudinal shear, an experimental model of an automated system for monitoring loading parameters was developed. Its main functional elements are an actuator, a control device, and a personal computer. The mechanical part of the automated load parameter control system stand is made of a base where an actuator unit, a retractable rod, and a hydraulic cylinder with a pressure sensor installed at the end are mounted. The tested reinforcement sample is placed between the actuator couplings. The rod is set in motion by a hydraulic cylinder with a pressure sensor installed at the end. When the pressure created by the rod on the tested sample reaches the limit value, the reinforcement is destroyed. The destructive load is recorded in the program working window. The maximum load that the ASKPN can create is 2,000 N with an actuator stroke length of up to 200 mm.*

**Keywords:** reinforced concrete, reinforcement, automated system, loading, destruction, parameter monitoring.

Получено 28.02.2025

#### Образец цитирования

Автоматизированная система контроля параметров механического нагружения образцов композитной арматуры / А. Ю. Демин, А. П. Ильин, А. Г. Миловзоров, Д. Г. Миловзоров, Г. В. Миловзоров, Р. Ш. Низамов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2025. Т. 28, № 2. С. 67–75. DOI: 10.22213/2413-1172-2025-2-67-75

#### For Citation

Demin A.Y., Ilyin A.P., Milovzorov A.G., Milovzorov D.G., Milovzorov G.V., Nizamov R.S. (2025) [Automated System for Monitoring Mechanical Loading Parameters of Composite Reinforcement Samples]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, vol. 28, no. 2, pp. 67-75. DOI: 10.22213/2413-1172-2025-2-67-75 (in Russ.)