

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2026, Том 18, № 1 / 2026, Vol. 18, Iss. 1 <https://esj.today/issue-1-2026.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/10SAVN126.pdf>

2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Сухов, А. И. Моделирование работы железобетонной и стеклопластбетонной балок в программном комплексе ANSYS / А. И. Сухов, А. В. Ли // Вестник евразийской науки. — 2026. — Т. 18. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/10SAVN126.pdf>.

For citation:

Sukhov A.I., Lee A.V. Modeling of reinforced concrete and glass-fiber reinforced concrete beams in the ANSYS software package. *The Eurasian Scientific Journal*. 2026;18(1): 10SAVN126. Available at: <https://esj.today/PDF/10SAVN126.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 69.07

Сухов Алексей Игоревич

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Хабаровск, Россия
E-mail: oleksiysuhov@yandex.ru

Ли Андрей Валерьевич

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Хабаровск, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: lee_a@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4634-5971>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=938752

Моделирование работы железобетонной и стеклопластбетонной балок в программном комплексе ANSYS

Аннотация. В статье описано сравнительное исследование работы армированных стальной и композитной арматурой балок. Описаны основные достоинства и основная проблематика использования несущих конструкций с армированием стеклопластиковой арматуры. На основании изучения работ других авторов, исследовавших работу конструкций армированных стеклопластиковой арматурой, обоснована основная цель работы — изучение работы изгибаемых конструкций с избыточным рабочим армированием (случай «хрупкого» разрушения изгибаемых армированных конструкций). Моделирование работы исследуемых элементов представлено статическими расчетами шарнирно-опертых железобетонной и стеклопластбетонной балок в программном комплексе ANSYS. Приведена методика подготовки компьютерной модели в программном комплексе ANSYS. Детально описана процедура назначения механических характеристик материалов с учетом особенностей работы бетона и возможностей программного комплекса. В работе приведены настройки решателя программного комплекса для расчета модели методом конечных элементов. Получены результаты статического расчета для железобетонной и стеклопластбетонной балок при нагрузке ниже и выше теоретической разрушающей нагрузки. Сделаны выводы о том, что в описанном случае хрупкое разрушение стеклопластбетонной балки наступает при нагрузках на 26–30 % ниже теоретической, тогда как для железобетонной расхождение между фактической разрушающей нагрузкой и теоретической не превысило 6,5 %. Приведена интерпретация результатов компьютерного моделирования работы и приведено наиболее вероятное теоретическое объяснение полученных данных,

закрывающееся в том, что резкое снижение несущей способности связано с возникновением в рабочем армировании сжимающих напряжений.

Ключевые слова: стеклопластиковая арматура; стальная арматура; прочность; несущая способность; метод конечных элементов

Введение

Применение вместо традиционной стальной арматуры стеклопластиковой для армирования несущих конструкций на сегодняшний день пока не получило широкого распространения в строительной отрасли. Причиной этого является традиционная консервативность проектировщиков и относительная малоизученность данного материала. С одной стороны стеклопластиковая арматура (АСП) обладает целым рядом достоинств. Она обладает хорошими диэлектрическими свойствами, поэтому такая арматура не будет создавать электромагнитных помех при работе электрических приборов. Конструкции, армированные АСП практически не являются препятствием для радиоволн, что чрезвычайно актуально в гражданском строительстве. Для АСП характерен небольшой вес, что приводит к снижению собственного веса армированных изделий и конструкций. Также стеклопластиковая арматура не подвержена коррозии металла, в том числе, электрохимической коррозии, ввиду отсутствия самого металла. Прочность на растяжение стеклопластиковой арматуры (900–1 300 МПа) выше, чем у арматурной стали в 2–3 раза. Вместе с тем имеется и ряд серьезных недостатков, таких как относительно низкая долговечность, связанная с уязвимостью стеклопластика к воздействию щелочной среды внутри бетона, большое различие в коэффициентах температурного расширения между стеклопластиком и бетоном, более худшее, чем у стальной арматуры сцепление с бетоном [1–4], а также технологические неудобства [3], например, невозможность создания гнутых элементов, невозможность соединения путем сварки, сложность создания предварительного напряжения [5]. При проектировании строительных конструкций основным препятствием для применения армирования из стеклопластика является слишком высокая, примерно в 4 раза выше, чем у арматурной стали, деформативность АСП.

Исследования Плотникова А.Н., Гафиятулина Н.А. и Васильева П.А., проведенные на Новочебоксарском ДСК [5] показали, что стеновые панели со стеклопластиковой арматурой обладают достаточной прочностью, однако деформативность изделий (прогибы и выгибы) предсказуемо оказалась выше нормы. Экспериментальные исследования проведенные АО НИЦ «Строительство» [6] и рядом других исследований [7; 8], также показали вполне успешную применимость стеклопластикового армирования сжатых элементов. В связи с этим интересны исследования стеклопластобетонных конструкций, работающих на изгиб, таких как конструкции перекрытий. Очевидно, что при нормальном армировании низкий модуль упругости стеклопластиковой арматуры при изгибе приведет к сильным прогибам и растрескиванию бетона растянутой зоны, а с учетом значительно более низкого сцепления стержней АСП с бетоном [3]. это приведет к потере сцепления бетона и армирования. С конструктивной точки зрения интересно поведение интенсивно армированных (для железобетонных конструкций в таких случаях используется термин «переармирование») АСП изгибаемых элементов.

Сравнительный анализ поведения железобетонной и стеклопластобетонной балок под действием вертикальной нагрузки с помощью компьютерного моделирования и является целью данной работы.

Методы

Компьютерное моделирование железобетонной и стеклопластбетонной балки выполнено в программном комплексе ANSYS¹ методом конечных элементов (МКЭ, FEA). Для статического анализа был выбран шаблон Static Structural. Для железобетонной балки класс бетона принят B15, класс арматуры — A400 (AIII). Железобетонная балка армирована двумя металлическими стержнями, диаметр которых составляет 6 мм. Для стеклопластбетонной балки класс бетона принят B15. Армирована балка двумя композитными стержнями, диаметр которых составляет 6 мм. Обе балки одинакового прямоугольного сечения имеют размеры 126×12×9,5 (l×h×b) см с нижним армированием. Сравнительно небольшие размеры балки выбраны с учетом имеющейся лабораторной установки и опалубочной формы (в дальнейших исследованиях предполагаются натурные испытания балок аналогичного размера). Железобетонная и стеклопластбетонная балка опираются на опорные пластины, которые закреплены шарнирно. Нагрузка прикладывается в двух точках на расстоянии 1/3 пролета от опор. Для статического расчета в программе была замоделирована половина железобетонной и стеклопластбетонной балки, так как результаты анализа для второй половины балок ввиду симметричного расположения нагрузок будут идентичными. Для исключения концентрации напряжений и лучшей сходимости статического расчета [9] материал опорных пластин принимается несжимаемым. Нагрузка также прикладывается на пластины, материал которых совпадает с материалом опорных пластин. В программном меню Engineering Data внесены упругие характеристики материала в пластин, арматуры и бетона. На рисунке 1 приведены характеристики материала опорных пластин.

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Isotropic Elasticity				
4	Derive from	Young's...			
5	Young's Modulus	70	MPa		
6	Poisson's Ratio	0,5			
7	Bulk Modulus	1,1667E+13	Pa		
8	Shear Modulus	2,3333E+07	Pa		

Рисунок 1. Характеристики пластин (разработано авторами)

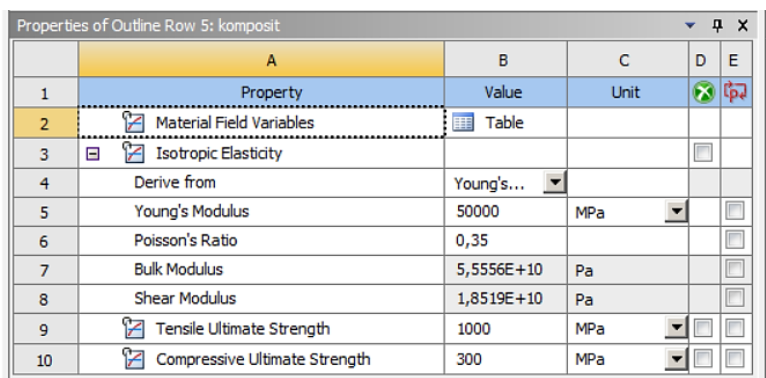
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Isotropic Elasticity				
4	Derive from	Young's...			
5	Young's Modulus	2E+05	MPa		
6	Poisson's Ratio	0,3			
7	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa		
8	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa		
9	Bilinear Isotropic Hardening				
10	Tangent Modulus Type	Plastic			
11	Yield Strength	400	MPa		
12	Tangent Modulus	1600	MPa		

Рисунок 2. Характеристики стальной арматуры (разработано авторами)

¹ ANSYS: [сайт] / ANSYS, Inc. — 2025 — URL: <https://www.ansys.com> (дата обращения 25.09.2025). — Режим доступа: свободный. — Текст: электронный.

Для арматурной стали были заданы упругие свойства и характеристики прочности и текучести приведенные на рисунке 2.

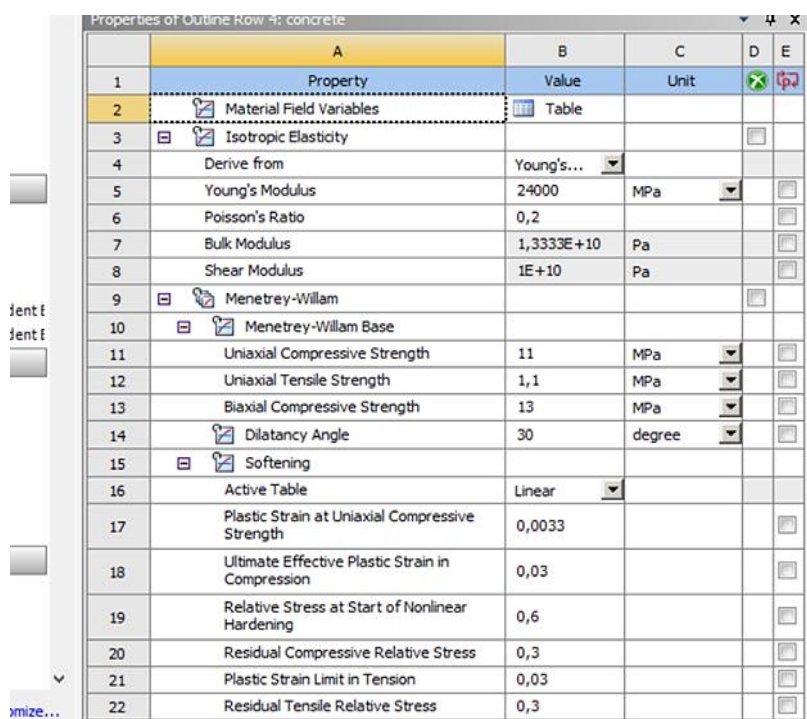
Для композитной арматуры характерна практически прямолинейная зависимость между напряжениями и деформациями [4], поэтому заданы только упругие характеристики. Заданные в соответствии с ГОСТ 31938-2022 механические характеристики стеклопластиковой арматуры приведены на рисунке 3.



Properties of Outline Row 5: komposit				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Isotropic Elasticity			
4	Derive from	Young's...		
5	Young's Modulus	50000	MPa	
6	Poisson's Ratio	0,35		
7	Bulk Modulus	5,5556E+10	Pa	
8	Shear Modulus	1,8519E+10	Pa	
9	Tensile Ultimate Strength	1000	MPa	
10	Compressive Ultimate Strength	300	MPa	

Рисунок 3. Характеристики композитной арматуры (разработано авторами)

Для бетона назначены физико-механические характеристики с использованием, реализованной в ПК ANSYS теории Менетрея-Виллама (the Menetrey-Willam constitutive model² [9; 10]), учитывающей текучесть, различную прочность бетона при растяжении и сжатии, нелинейное упрочнение, разупрочнение, в общем позволяющей довольно объективно моделировать работу материала [11]. Назначенные характеристики бетона приведены на рисунке 4.



Properties of Outline Row 4: concrete				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Isotropic Elasticity			
4	Derive from	Young's...		
5	Young's Modulus	24000	MPa	
6	Poisson's Ratio	0,2		
7	Bulk Modulus	1,3333E+10	Pa	
8	Shear Modulus	1E+10	Pa	
9	Menetrey-Willam			
10	Menetrey-Willam Base			
11	Uniaxial Compressive Strength	11	MPa	
12	Uniaxial Tensile Strength	1,1	MPa	
13	Biaxial Compressive Strength	13	MPa	
14	Dilatancy Angle	30	degree	
15	Softening			
16	Active Table	Linear		
17	Plastic Strain at Uniaxial Compressive Strength	0,0033		
18	Ultimate Effective Plastic Strain in Compression	0,03		
19	Relative Stress at Start of Nonlinear Hardening	0,6		
20	Residual Compressive Relative Stress	0,3		
21	Plastic Strain Limit in Tension	0,03		
22	Residual Tensile Relative Stress	0,3		

Рисунок 4. Характеристики бетона (разработано авторами)

² Определение оптимальных параметров расчета бетона в ANSYS [Электронный ресурс] // CAECUBE. — URL: <https://premierdevelopment.ru/images/pages/objects/prochiye/01-opredeleniye-optimalnykh-parametrov-rascheta-betona/01-opredeleniye-optimalnykh-parametrov-rascheta-betona.pdf> (дата обращения: 21.09.2025).

После назначения характеристик материалов была разработана модель конструкции в Ansys SpaceClaim с последующей загрузкой в Ansys Mechanical. В Ansys Mechanical соответственно была задана плоскость симметрии, сгенерирована сетка конечных элементов. Заданы граничные условия. Опору половины балки считаем шарнирно подвижной. К железобетонной и стеклопластбетонной балке была приложена поочередно сосредоточенная нагрузка чуть ниже и чуть выше теоретической разрушающей нагрузки, которая определена в соответствии с теоретическими формулами³ и составила $P_{\text{теор}} = 4,95$ кН. Для того, чтобы сходимость расчета была достигнута на всех итерациях, дополнительно в командной строке Ansys Mechanical APDL для бетона прописаны параметры из теории прочности Друкера-Прагера согласно [12; 13]. Далее решатель ПК был настроен следующим образом (приведено на рисунке 5).

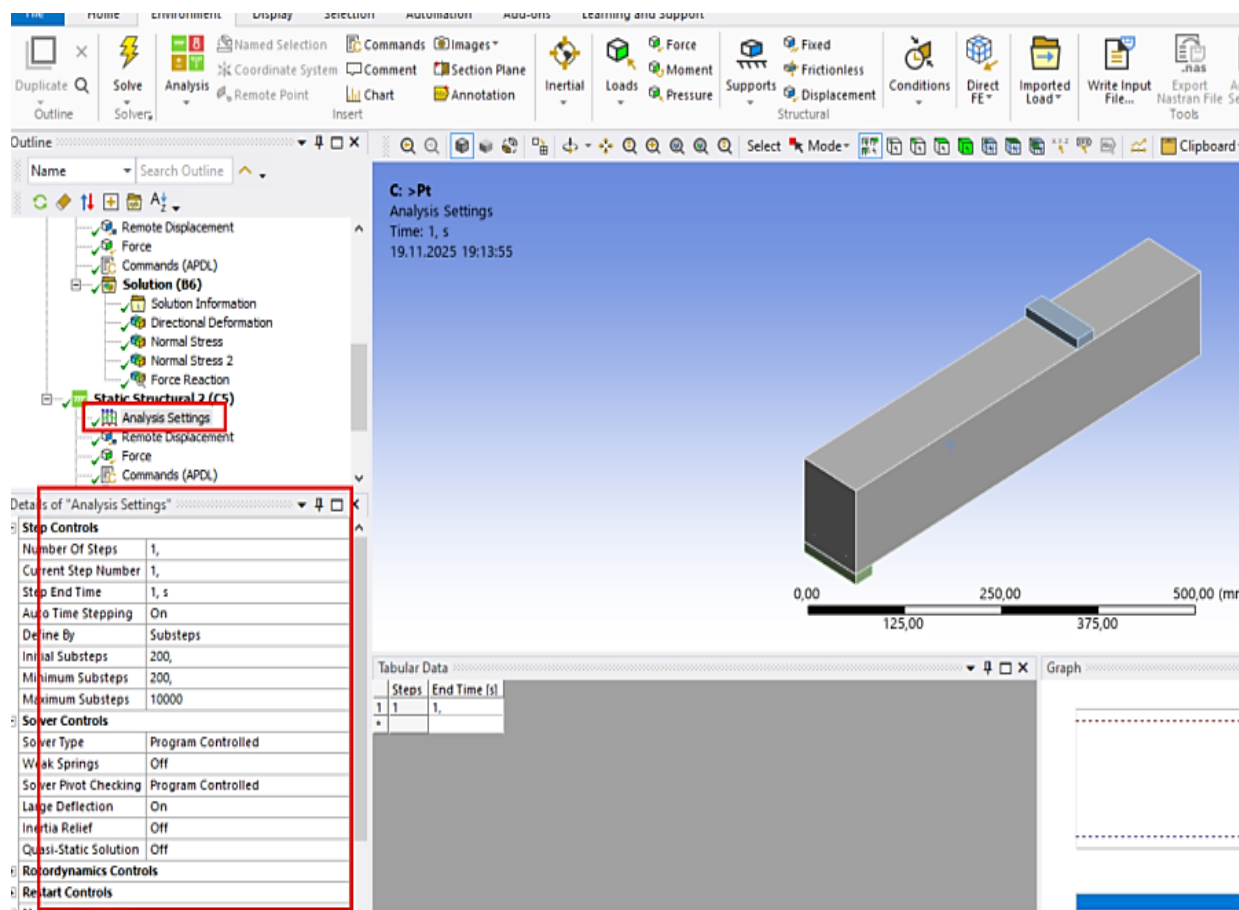


Рисунок 5. Настройка решателя

(разработано авторами на основе <https://studfile.net/preview/9108695/page:14/#39>)

Для статического анализа железобетонной и стеклопластбетонной балки использованы одинаковые настройки решателя.

Результаты

Для железобетонной и стеклопластбетонной балки получены результаты статического расчета по перемещениям, напряжениям в бетоне и арматурных стержнях, реакциям опоры в момент разрушения конструкции.

³ Байков, В.Н. Железобетонные конструкции. Общий курс: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Промышленное и гражданское строительство" / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов; В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. — Изд. 6-е, репр.. — Москва: Бастет, 2009. — ISBN 978-5-903178-15-5. — EDN OWPHYO.

Результат статического расчета по перемещениям железобетонной балки при нагрузке $P = 4,8 \text{ кН} < P_{\text{теор}} = 4,95 \text{ кН}$ (рис. 6).

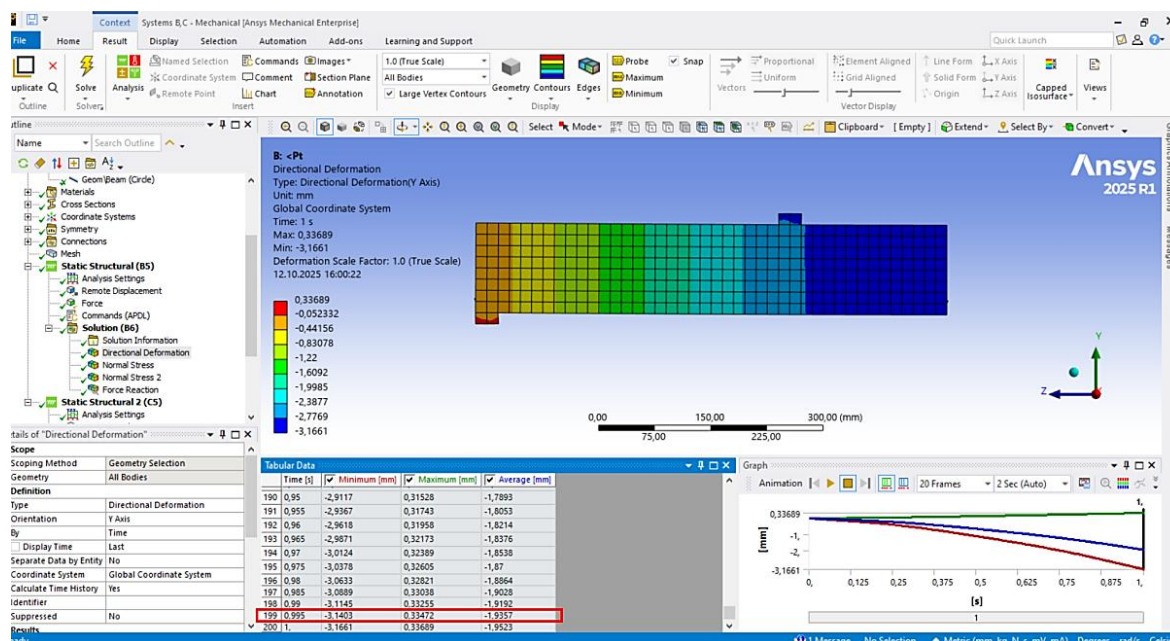


Рисунок 6. Деформации железобетонной балки ($P < P_T$) (разработано авторами)

Максимальное перемещение железобетонной балки по оси Y составило $f = 3,14 \text{ мм}$.

Результат статического расчета по внутренним напряжениям в бетоне железобетонной балки при нагрузке $P = 4,8 \text{ кН} < P_{\text{теор}} = 4,95 \text{ кН}$ приведен на рисунке 7.

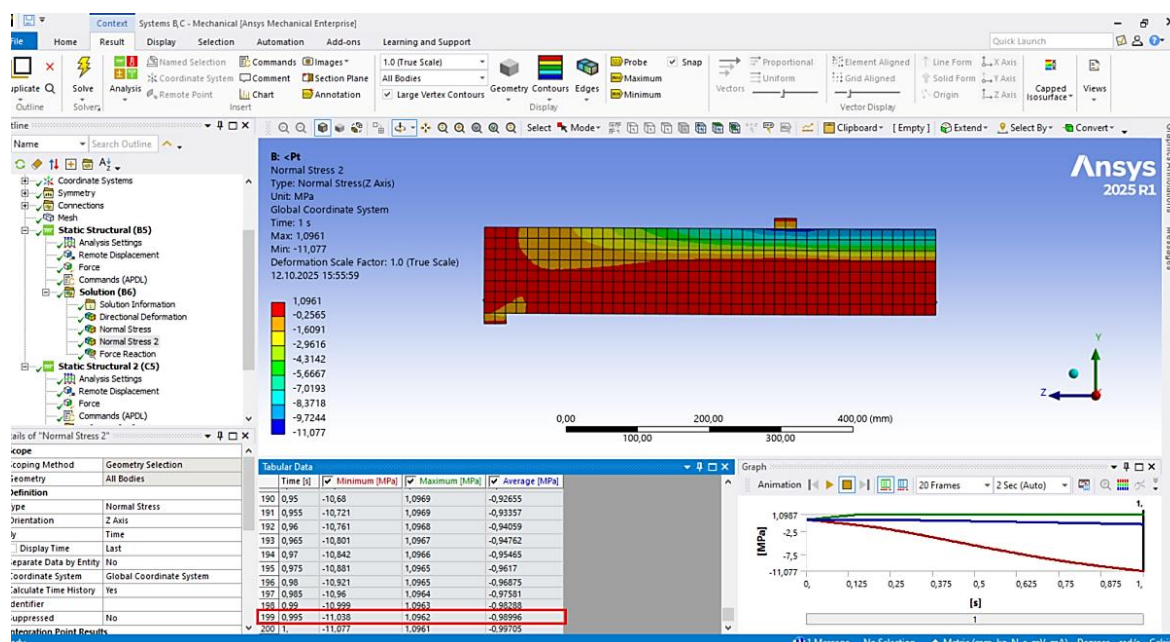


Рисунок 7. Внутренние напряжения в бетоне железобетонной балки ($P < P_T$) (разработано авторами)

Внутренние напряжения бетона в железобетонной балке составили $\sigma_b = 11,038 \text{ МПа}$, $\sigma_{bt} = 1,096 \text{ МПа}$.

Результат статического расчета по внутренним напряжениям в арматуре железобетонной балки при нагрузке $P = 4,8 \text{ кН} < P_{\text{теор}} = 4,95 \text{ кН}$ приведен на рисунке 8.

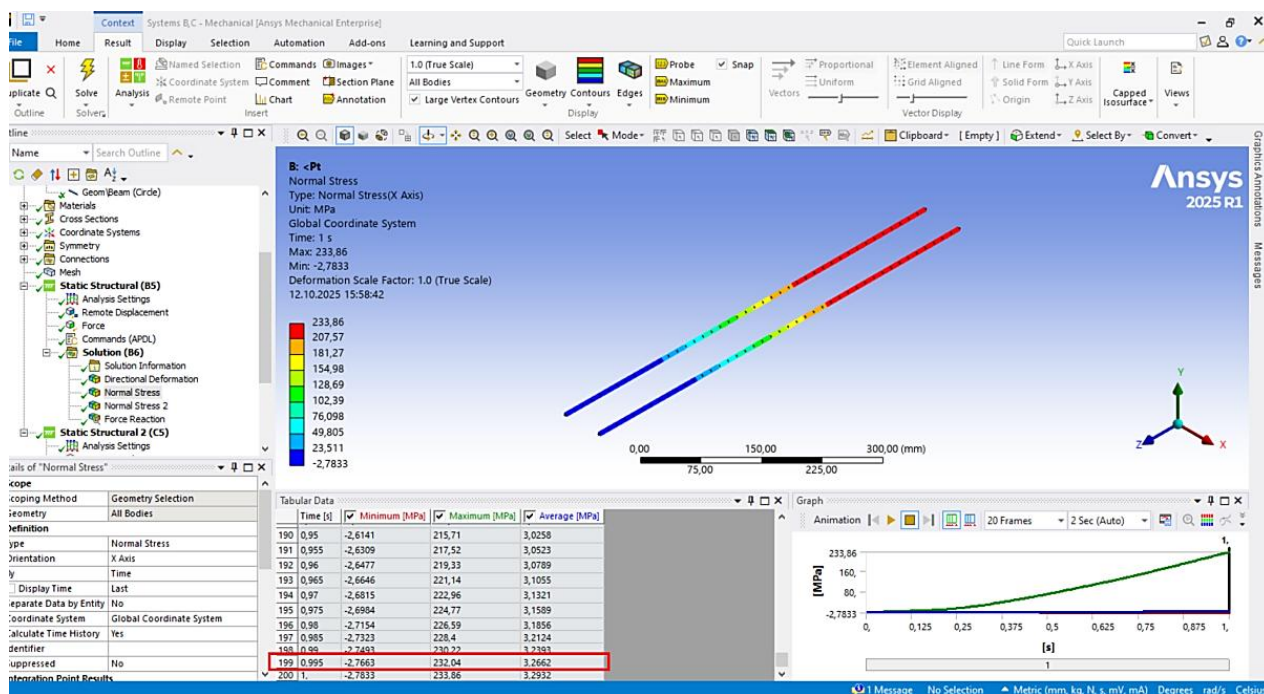


Рисунок 8. Внутренние напряжения в арматуре железобетонной балки ($P < P_T$) (разработано авторами)

Растягивающие напряжения в арматуре железобетонной балки составили $\sigma_s = 233,04$ МПа.

Результат статического расчета по перемещениям стеклопластбетонной балки при нагрузке $P = 4,8$ кН $< P_{\text{теор}} = 4,95$ кН приведен на рисунке 9.

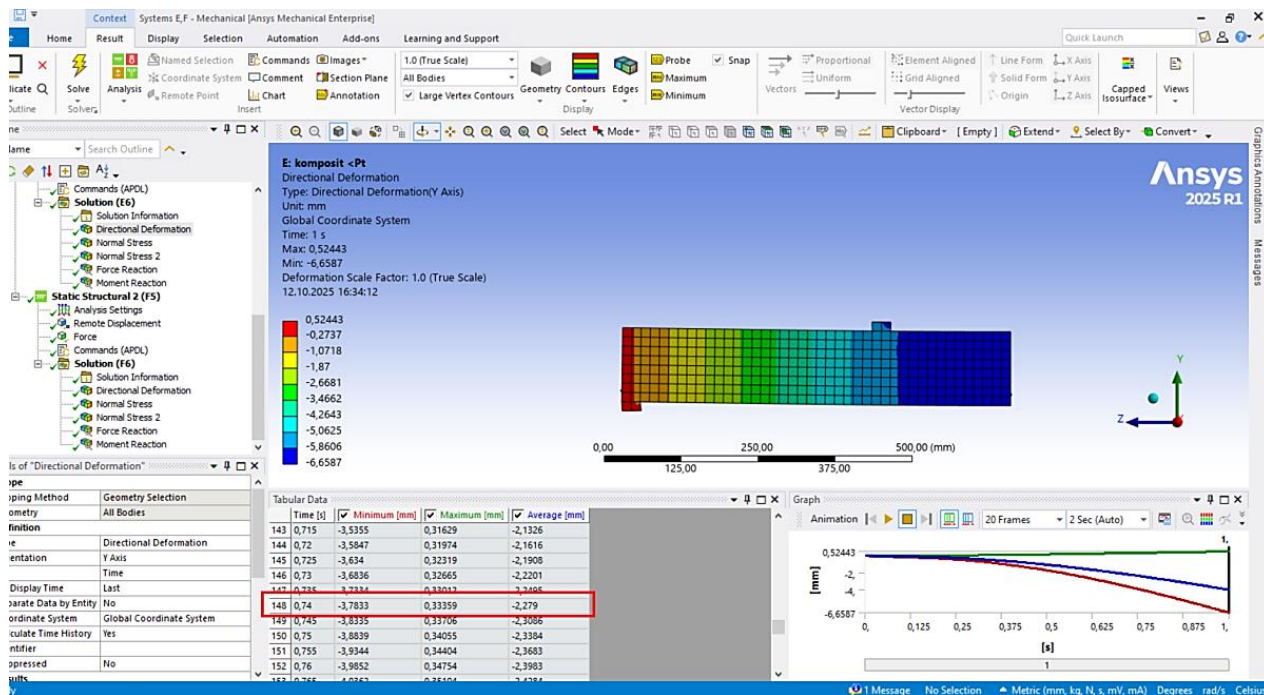


Рисунок 9. Деформации стеклопластбетонной балки ($P < P_T$) (разработано авторами)

Максимальное перемещение стеклопластбетонной балки по оси Y составило $f = 3,78$ мм.

Результат статического расчета по внутренним напряжениям в бетоне стеклопластбетонной балки при нагрузке $P = 4,8$ кН $< P_{\text{теор}} = 4,95$ кН приведен на рисунке 10.

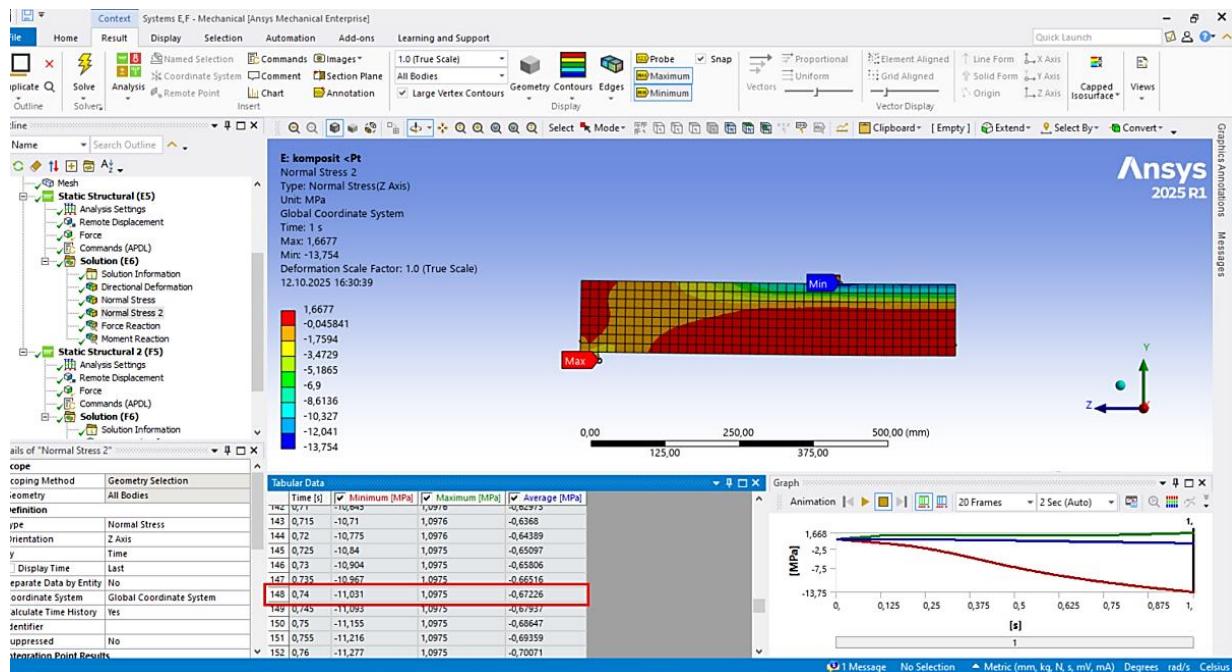


Рисунок 10. Внутренние напряжения в бетоне
стеклопластбетонной балки ($P < P_T$) (разработано авторами)

Внутренние напряжения бетона в стеклопластбетонной балке составили $\sigma_b = 11,031$ МПа, $\sigma_{bt} = 1,098$ МПа.

Результат статического расчета по внутренним напряжениям в арматуре стеклопластбетонной балки при нагрузке $P = 4,8$ кН $< P_{\text{теор}} = 4,95$ кН (приведено на рисунке 11).

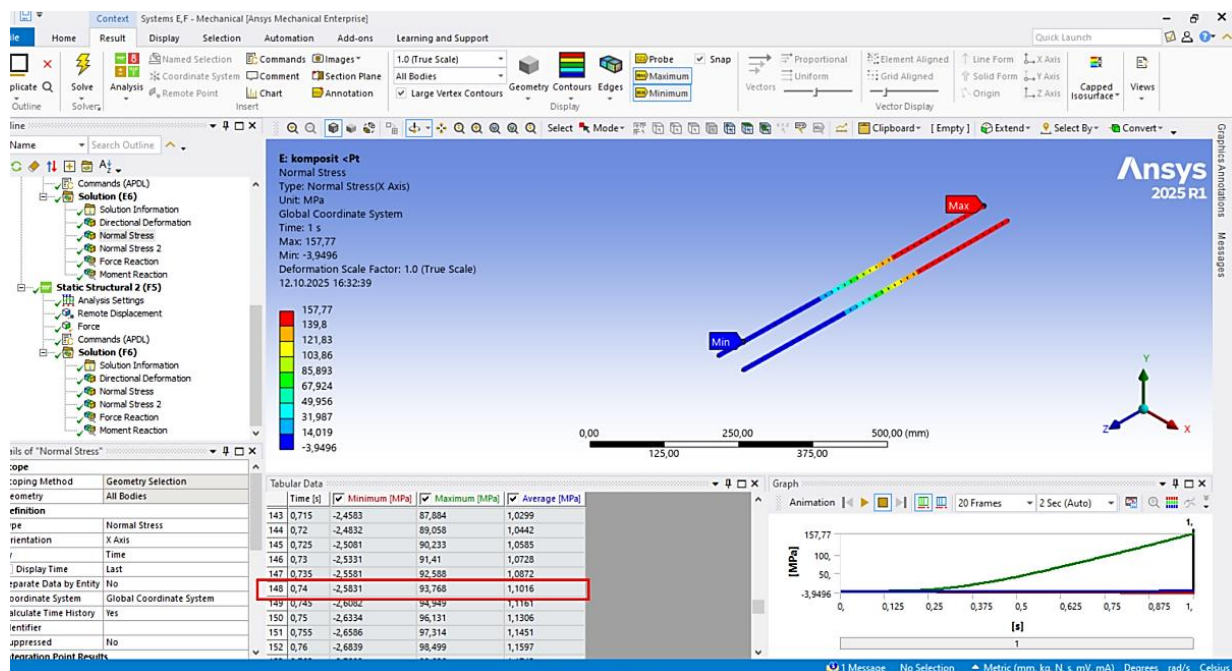


Рисунок 11. Внутренние напряжения в арматуре
стеклопластбетонной балки ($P < P_T$) (разработано авторами)

Растягивающие напряжения в арматуре железобетонной балки составили $\sigma_s = 93,768$ МПа.

Результат статического расчета по перемещениям железобетонной балки при нагрузке $P = 5,1$ кН $> P_{\text{теор}} = 4,95$ кН приведен на рисунке 12.

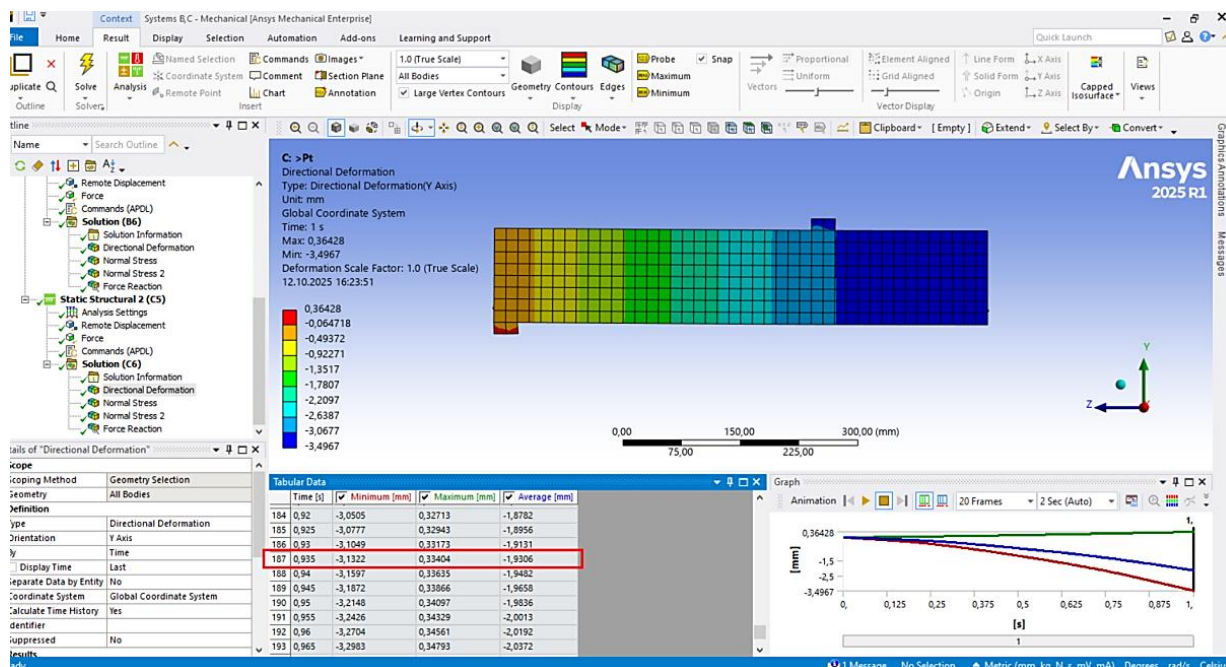


Рисунок 12. Деформация железобетонной балки ($P > P_T$) (разработано авторами)

Перемещение железобетонной балки по оси Y составило $f = 3,13$ мм.

Результат статического расчета по внутренним напряжениям в бетоне железобетонной балки при нагрузке $P = 5,1$ кН $> P_{\text{теор}} = 4,95$ кН приведен на рисунке 13.

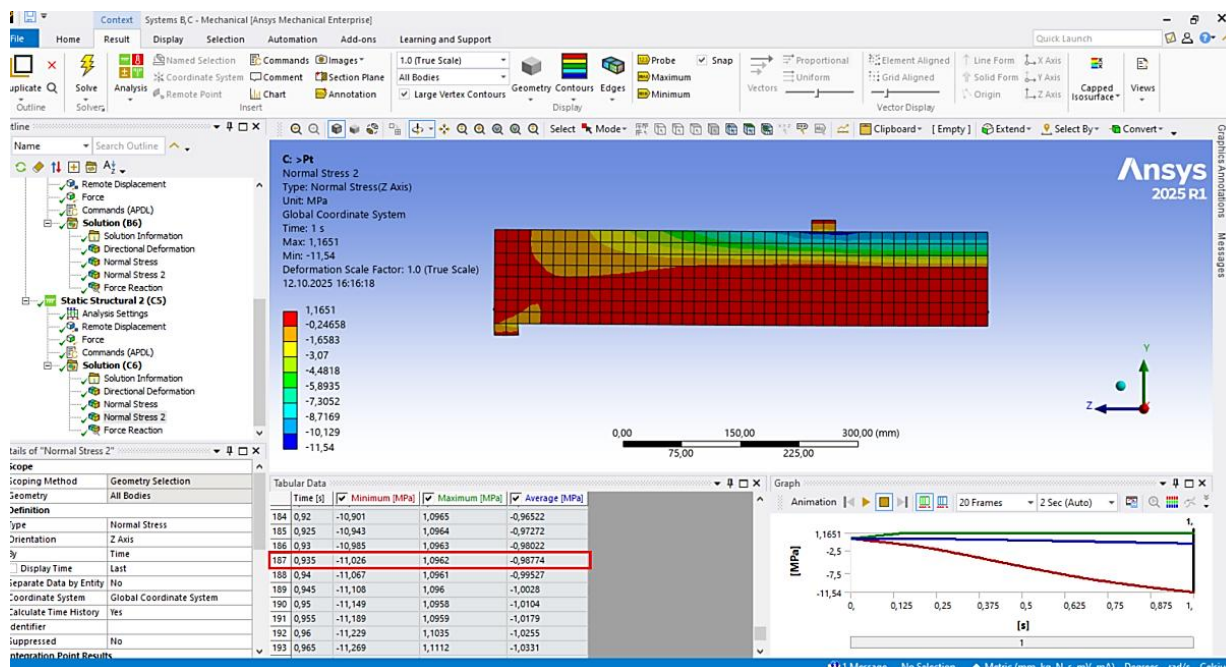


Рисунок 13. Внутренние напряжения в бетоне железобетонной балки ($P > P_T$) (разработано авторами)

Внутренние напряжения бетона в железобетонной балке составили $\sigma_b = 11,026$ МПа, $\sigma_{bt} = 1,096$ МПа.

Результат статического расчета по внутренним напряжениям в арматуре железобетонной балки при нагрузке $P = 5,1$ кН $> P_{\text{теор}} = 4,95$ кН приведен на рисунке 14.

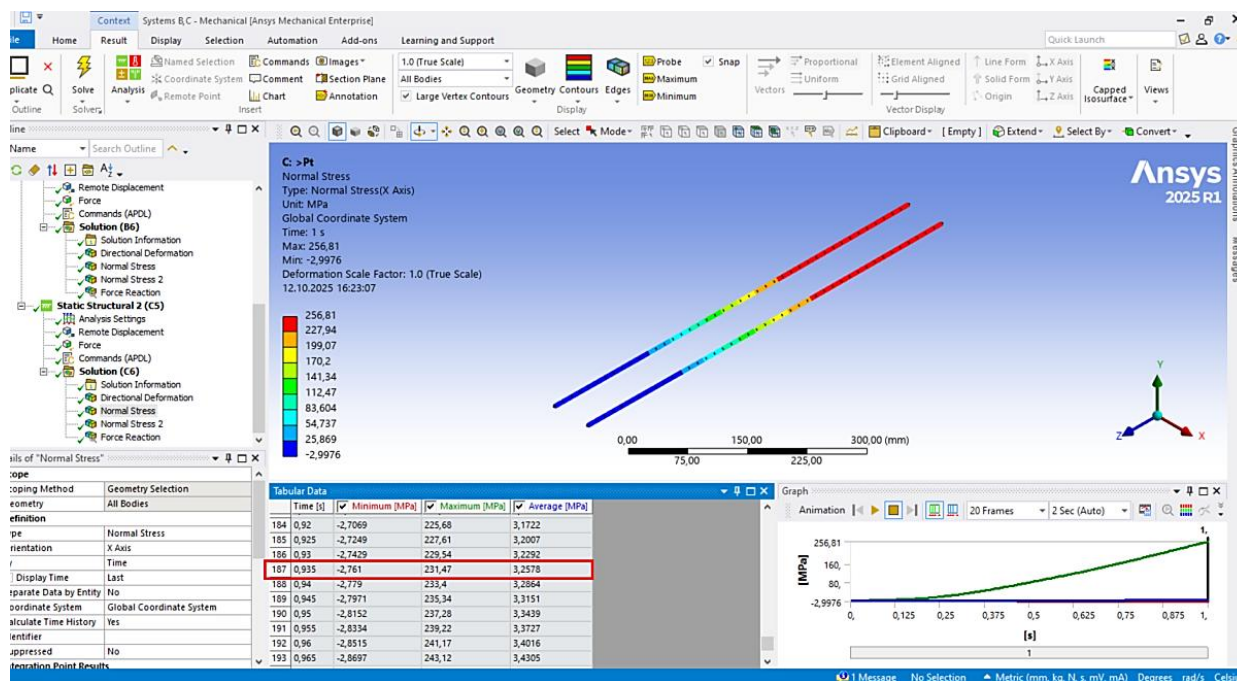


Рисунок 14. Внутренние напряжения в арматуре железобетонной балки ($P > P_T$) (разработано авторами)

Растягивающие напряжения в арматуре железобетонной балки составили $\sigma_s = 231,47$ МПа.

Результат статического расчета по перемещениям стеклопластбетонной балки при нагрузке $P = 5,1$ кН $> P_{\text{теор}} = 4,95$ кН приведен на рисунке 15.

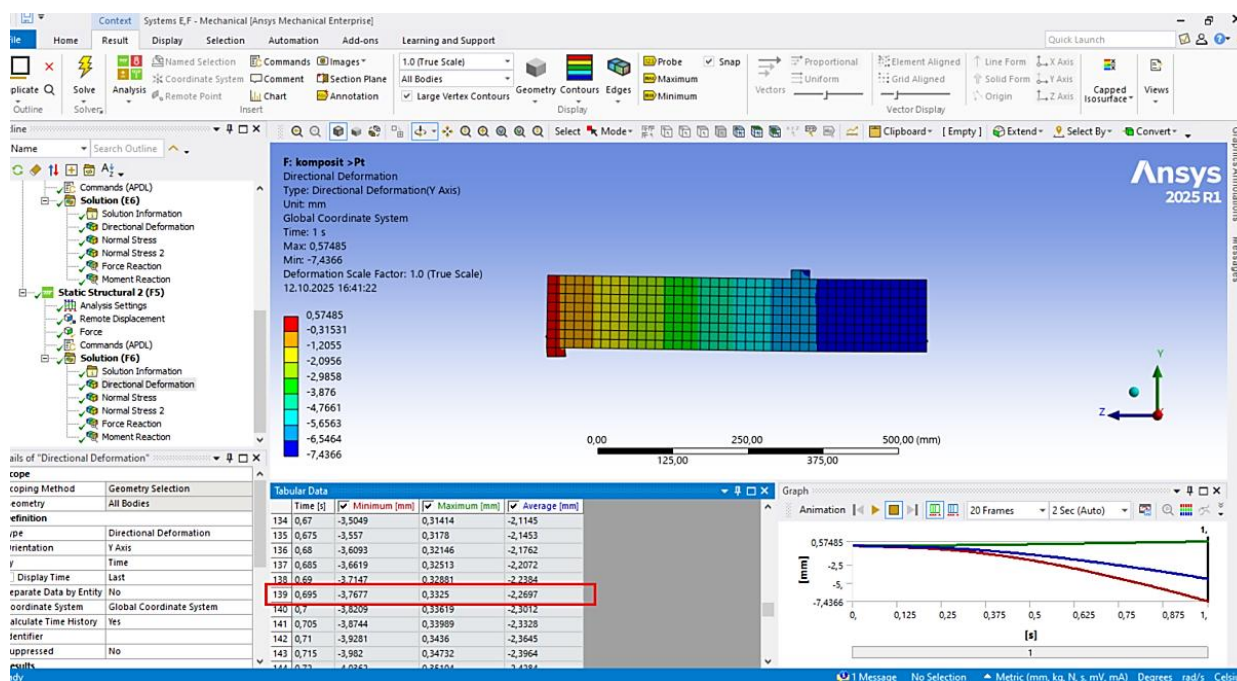


Рисунок 15. Деформация стеклопластбетонной балки ($P > P_T$) (разработано авторами)

Перемещение железобетонной балки по оси Y составило $f = 3,77$ мм.

Результат статического расчета по внутренним напряжениям в бетоне стеклопластбетонной балки при нагрузке $P = 5,1$ кН $> P_{\text{теор}} = 4,95$ кН приведен на рисунке 16.

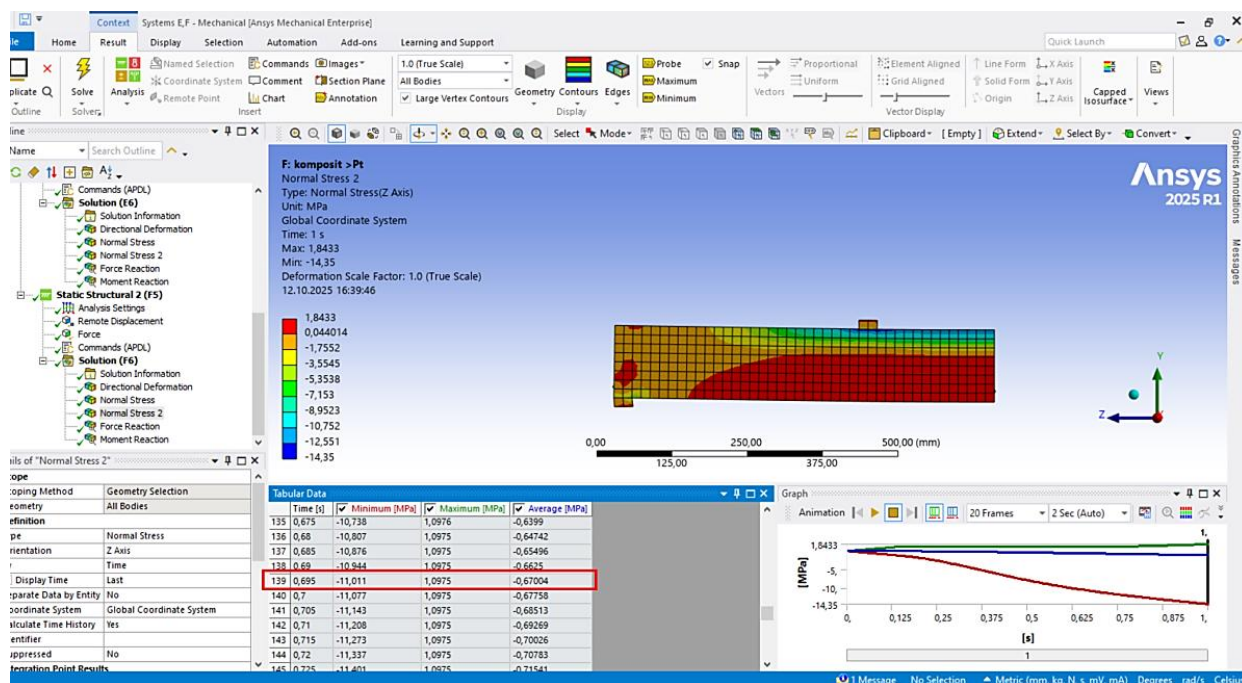


Рисунок 16. Внутренние напряжения в бетоне
стеклопластбетонной балки ($P > P_T$) (разработано авторами)

Внутренние напряжения бетона в стеклопластбетонной балке составили $\sigma_b = 11,011$ МПа, $\sigma_{bt} = 1,098$ МПа.

Результат статического расчета по внутренним напряжениям в арматуре стеклопластбетонной балки при нагрузке $P = 5,1$ кН $> P_{\text{теор}} = 4,95$ кН приведен на рисунке 17.

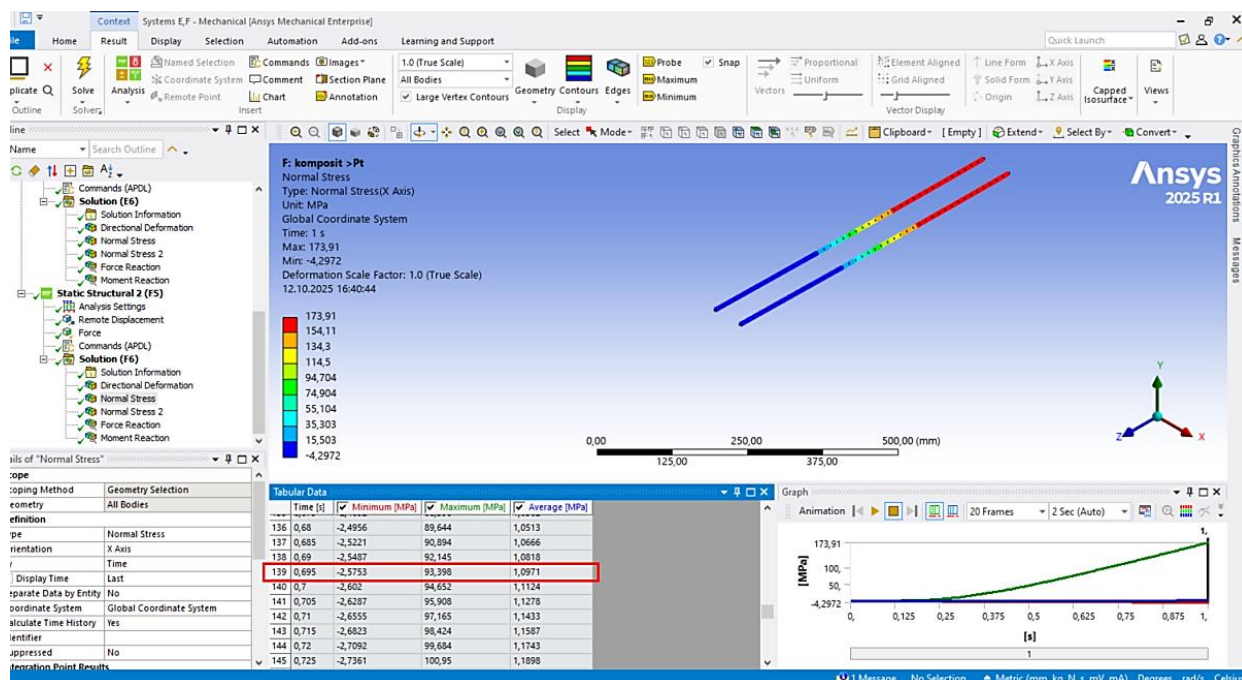


Рисунок 17. Внутренние напряжения в арматуре
стеклопластбетонной балки ($P > P_T$) (разработано авторами)

Растягивающие напряжения в арматуре стеклопластбетонной балки составили $\sigma_s = 93,398$ МПа.

Результаты

Железобетонная балка при нагрузке $P = 4,8 \text{ кН} < P_{\text{теор}} = 4,95 \text{ кН}$ разрушилась на 199 итерации, так как внутренние напряжения в бетоне превысили 11 МПа (значение нормативного сопротивления на сжатие для бетона класса В15 согласно СП 63.13330.2018 [10]) при фактической нагрузке 4,77 кН. Стеклопластбетонная балка при нагрузке $P = 4,8 \text{ кН} < P_{\text{теор}} = 4,95 \text{ кН}$ разрушилась на 148 итерации. Фактическая разрушающая нагрузка составила $P_{\text{факт}} = 3,55 \text{ кН}$. Железобетонная балка при нагрузке $P = 5,1 \text{ кН} > P_{\text{теор}} = 4,95 \text{ кН}$ разрушилась на 187 итерации (фактическая разрушающая нагрузка составила также как и в первом случае 4,77 кН). Стеклопластбетонная балка при нагрузке $P = 5,1 \text{ кН} > P_{\text{теор}} = 4,95 \text{ кН}$ разрушилась на 139 итерации. Фактическая разрушающая нагрузка составила $P_{\text{факт}} = 3,54 \text{ кН}$.

Обсуждение

Заданные для моделирования геометрические и механические характеристики предопределили хрупкий характер разрушения балки — раздробление сжатой зоны бетона. Однако, при одинаковых габаритах балок, одинаковой схеме армирования, стеклопластбетонная балка разрушилась намного раньше, чем железобетонная балка. При нагрузке ниже предельной теоретической железобетонная балка разрушается на 199 итерации, стеклопластбетонная балка — на 148 итерации. При нагрузке ниже предельной теоретической разрушающая нагрузка для стеклопластбетонной балки оказывается ниже прикладываемой на 26 %. Для железобетонной балки разницы практически нет (примерно 0,5 %). При нагрузке выше предельной теоретической железобетонная балка разрушается на 187 итерации, стеклопластбетонная балка — на 139 итерации. При этом разрушающая нагрузка для стеклопластбетонной балки оказывается ниже прикладываемой на 30,5 %. Для железобетонной балки это различие составляет всего 6,5 %.

Выводы

Наиболее логичное объяснение полученных в ходе моделирования результатов следующее — при недостаточной площади сечения сжатой зоны бетона происходит не растяжение, а изгиб арматурных стержней элемента, то есть комбинация растягивающих и сжимающих усилий. При этом стеклопластиковая арматура, в отличие от стальной, имеющая прочность на сжатие значительно ниже, чем на растяжение, находится в более неблагоприятных условиях [14; 15]. Таким образом, применение стеклопластиковой арматуры, как замены стальной, даже в случае избыточного армирования, приводит к дополнительному резкому снижению несущей способности изгибаемых конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зиннуров Т.А. Численное моделирование сцепления композитной арматуры с бетоном / Т.А. Зиннуров, А.А. Пискунов, Л.Г. Сафиюлина [и др.] // Интернет-журнал Науковедение. — 2015. — Т. 7, № 4(29). — С. 73. — DOI 10.15862/11TVN415. — EDN UMATSP.
2. Бенин, А.В. Экспериментальные исследования сцепления композитной арматуры с плоской навивкой с бетоном / А.В. Бенин, С.Г. Семенов // Промышленное и гражданское строительство. — 2013. — № 9. — С. 74–76. — EDN RBRBOT.

3. Николукин А.Н. Экспериментальные исследования прочности сцепления стеклопластиковой арматуры с цементно-песчаным бетоном / А.Н. Николукин, В.П. Ярцев, И.И. Коломникова, Д.З.М. Альджабуи // Транспортные сооружения. — 2019. — Т. 6, № 1. — С. 2. — DOI 10.15862/02SATS119. — EDN FWUXBG.
4. Фролов Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклобетонные конструкции. — М.: Стройиздат, 1980. — 104 с.
5. Плотников, А.Н. Несущая способность наружных стеновых панелей из конструкционного керамзитобетона со стальной и композитной арматурой / А.Н. Плотников, Н.А. Гафиятулин, П.А. Васильев // Жилищное строительство. — 2017. — № 3. — С. 52–57. — EDN YHZFDP.
6. Степанова В.Ф. Экспериментальные исследования прочности сжатых бетонных элементов, армированных композитной полимерной арматурой / В.Ф. Степанова, Т.А. Мухамедиев, К.Л. Кудяков [и др.] // Вестник НИЦ Строительство. — 2022. — № 2(33). — С. 173–182. — DOI 10.37538/2224-9494-2022-2(33)-173-182. — EDN DQPQLF.
7. Лапшинов, А.Е. Перспективы применения неметаллической композитной арматуры в качестве рабочей ненапрягаемой в сжатых элементах / А.Е. Лапшинов // Вестник МГСУ. — 2015. — № 10. — С. 96–105. — EDN SLNAMW.
8. Блазнов А.Н. Исследование прочности и устойчивости однонаправленных стеклопластиковых стержней при осевом сжатии / А.Н. Блазнов, В.Ф. Савин, Ю.П. Волков, В.Б. Тихонов // Механика композиционных материалов и конструкций. — 2007. — Т. 13, № 3. — С. 426–440. — EDN KPAJMN.
9. Willam K.J., Warnke E.P. Constitutive models for the triaxial behavior of concrete // Proceedings of the International Assoc. for Bridge and Structural Engineering. Vol. 19. P. 1–30.
10. Calibration and Validation of the Menetrey-Willam Constitutive Model for Concrete / A.N. Dmitriev, Iu.V. Novozhilov, D.S. Mikhaliuk, V.V. Lalin // Construction of Unique Buildings and Structures. — 2020. — No. 3(88). — P. 8804. — DOI 10.18720/CUBS.88.4. — EDN WLXNVT.
11. Электронный учебник по программному комплексу ANSYS / А.Г. Янишевская, С.П. Шамец, В.А. Конарев [и др.] // Навигатор в мире науки и образования. — 2012. — № 4-7(20-23). — С. 301. — EDN UMFEVH.
12. Бударин, А.М. Численное моделирование изгибаемых железобетонных элементов с использованием критерия прочности Друкера — Прагера / А.М. Бударин, М.В. Плетнев, В.Н. Алехин // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. — 2018. — № 3(38). — С. 74–77. — EDN YMWWTB.
13. Drucker D.C. Soil Mechanics and Plastic Analysis or Limit Design. Quarterly of Applied Mathematics // D. C. Drucker, W. Prager — 1952. — Vol. 10. № 2. — P. 157–165.
14. Гиль, А.И. Стеклопластиковая и углепластиковая арматура в строительстве: преимущества, недостатки, перспективы применения / А.И. Гиль, Е.Н. Бадалова, Е.Д. Лазовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. — 2015. — № 16. — С. 48–53. — EDN VURVNH.
15. Лапшинов, А.Е. Исследование работы СПА и БПА на сжатие / А.Е. Лапшинов // Вестник МГСУ. — 2014. — № 1. — С. 52–57. — EDN RTUKHB.

Sukhov Alexey Igorevich

Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russia
E-mail: oleksiysuhov@yandex.ru

Lee Andrey Valerievich

Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russia
E-mail: lee_a@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4634-5971>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=938752

Modeling of reinforced concrete and glass-fiber reinforced concrete beams in the ANSYS software package

Abstract. The article describes a comparative study of the performance of beams reinforced with steel and composite reinforcement. The main advantages and challenges of using load-bearing structures reinforced with fiberglass reinforcement are described. Based on the studies of other authors who have investigated the performance of structures reinforced with fiberglass reinforcement, the main goal of the work is to study the performance of flexural structures with excessive work-ing reinforcement (the case of «brittle» failure of flexural reinforced structures). Modeling of the operation of the studied elements is presented by static calculations of hinged reinforced concrete and fiberglass concrete beams in the ANSYS software package. The method of preparing a computer model in the ANSYS software package is described. The procedure for assigning mechanical characteristics of materials is described in detail, taking into account the features of concrete and the capabilities of the software package. The paper presents the settings of the solver of the software complex for calculating the model by the finite element method. The results of static calculation for reinforced concrete and fiberglass concrete beams under load below and above the theoretical destructive load are obtained. It is concluded that in the described case, brittle fracture of the fiberglass concrete beam occurs at loads 26–30 % lower than the theoretical, whereas for the reinforced concrete beam, the discrepancy between the actual destructive load and the theoretical did not exceed 6,5 %. The article provides an interpretation of the results of computer modeling and the most likely theoretical explanation of the data, which suggests that the sharp decrease in load-bearing capacity is due to the occurrence of compressive stresses in the working reinforcement.

Keywords: glass-fiber-reinforced polymer rebar; steel rebar; strength; load-bearing capacity; finite element method