

АКТУАЛИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО КУРСА «СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ» ДЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «АРХИТЕКТУРА»

А.О. Захаров, Е.А. Алешина, Д.В. Ершова, Д.Н. Алешин, Н.В. Захарова

E-mail: el.alesh14@yandex.ru

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

Аннотация. Представлены алгоритмы расчета изгибаемых железобетонных элементов по прочности сечений, нормальных и наклонных к продольной оси элемента. Приведены результаты сравнительного анализа по применению полимеркомпозитной арматуры в изгибаемых бетонных элементах.

Ключевые слова: строительные конструкции, железобетонные конструкции, алгоритмы расчета, полимеркомпозитная арматура.

UPDATE OF THE TRAINING COURSE “BUILDING CONSTRUCTIONS” FOR THE DIRECTION OF TRAINING “ARCHITECTURE”

A.O. Zakharov, E.A. Aleshina, D.V. Ershova, D.N. Aleshin, N.V. Zakharova

E-mail: el.alesh14@yandex.ru

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Abstract. Algorithms for calculating bending reinforced concrete elements based on the strength of sections normal and inclined to the longitudinal axis of the element are presented. The results of a comparative analysis on the use of polymer-composite reinforcement in bent concrete elements are given.

Keywords: building structures, reinforced concrete structures, calculation algorithms, polymer composite reinforcement.

Необходимость актуализации учебного курса «Строительные конструкции» для направления подготовки «Архитектура» обусловлена обновлением российских строительных норм и правил и интеграцией отечественных норм проектирования строительных конструкций с европейскими [1 – 3]. Новизна учебного курса связана с разработкой алгоритмов расчета железобетонных конструкций в соответствии с актуализированными сводами правил, а также с анализом целесообразности применения новых видов арматуры для железобетонных конструкций. Композитная арматура из стеклянных, базальтовых, арамидных и углеродных волокон и стальная арматура класса А500с серповидного профиля вызывают повышенный интерес к их применению и требуют внедрения новых подходов к расчетам железобетонных конструкций.

Одно из направлений работы для более успешного и правильного усвоения информации в процессе дистанционного обучения – это создание новых, а также актуализация и дополнение существующих учебно-методических материалов графическими приложениями в виде алгоритмов и схем.

Структура учебного курса «Строительные конструкции» (раздел «Железобетонные конструкции») представлена в таблице.

На данном этапе работы актуализированы составленные ранее [4 – 6] алгоритмы расчета изгибаемых железобетонных элементов по I группе предельных состояний – по несущей способности.

Задача расчета прочности по сечениям, нормальным к продольной оси элемента, заключается в определении площади сечения растянутой продольной арматуры в изгибаемых элементах

Структура учебного курса

Элементы курса	Материалы
Лекции	Конспект лекций
	Презентации
Практические занятия	Расчет изгибаемых железобетонных элементов (по I группе предельных состояний)
	Расчет изгибаемых железобетонных элементов (по II группе предельных состояний)
	Расчет сжатых железобетонных элементов
Курсовое проектирование	Расчет круглопустотной плиты перекрытия
	Статический расчет железобетонного ригеля
	Конструктивный расчет железобетонного ригеля
	Расчет железобетонной колонны многоэтажного здания
Самостоятельная работа	Методические указания к самостоятельной работе

прямоугольного (рис. 1) и таврового (рис. 2) сечений (где 1 – высота поперечного сечения балки (h); 2 – рабочая высота сечения (h_0); 3 – расстояние от центра тяжести продольной рабочей до наиболее растянутой границы сечения (a); 4 – высота сжатой зоны бетона (x); 5 – суммарная площадь поперечного сечения рабочей продольной арматуры (A_s); 6 – диаметр арматуры (d); 7 – толщина защитного слоя бетона (δ); 8 – ширина сечения балки (b)).

При разработке и актуализации алгоритмов расчета по нормальным сечениям было учтено ограничение, вводимое для изгибаемых железобетонных элементов в третьей стадии напряженно-деформированного состояния (п.п. 8.1.12) [1]:

$$\xi \leq \xi_R,$$

где ξ – относительная высота сжатой зоны бетона; ξ_R – предельное значение относительной высоты сжатой зоны бетона (п.п. 8.1.5, 8.1.6) [1], (п.п. 3.17) [7].

В алгоритмах расчета приняты обозначения: M – изгибающий момент; R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию; R_s – расчетное сопротивление арматуры растяжению; n – количество стержней в поперечном сечении элемента; μ – коэффициент армирования сечения; $\mu_{\min}$ – минимально допустимый коэффициент армирования сечения.

В алгоритмах расчета (рис. 3, 4) аналогом указанного ограничения является условие (п.п. 3.2) [7]:

$$\alpha_m \leq \alpha_R,$$

где $\alpha_m = f(\xi)$ и $\alpha_R = f(\xi_R)$ – безразмерные величины (п.п. 3.18) [7].

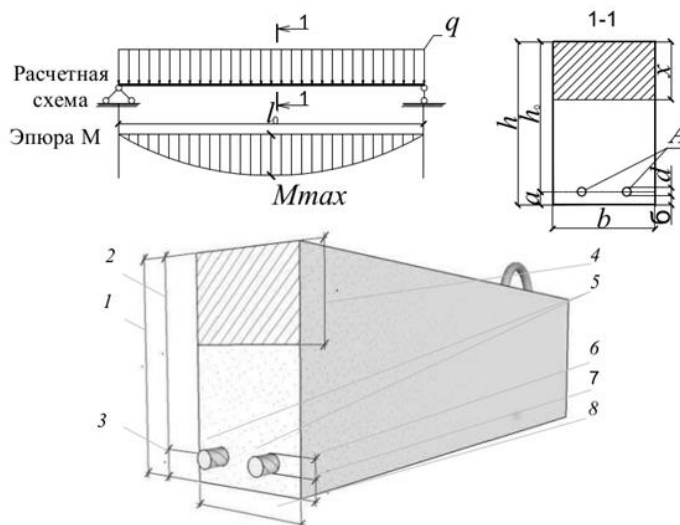


Рис.1. К расчету изгибаемого элемента прямоугольного сечения по прочности сечений, нормальных к продольной оси элемента

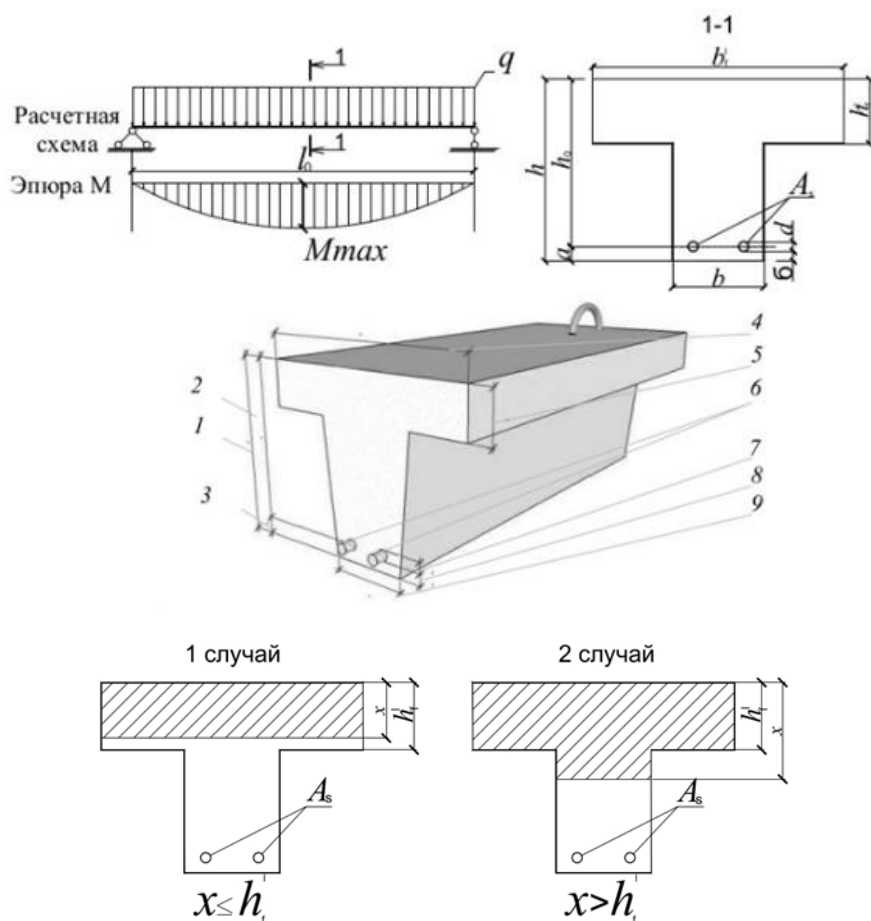


Рис. 2. К расчету изгибаемого элемента таврового сечения по прочности сечений, нормальных к продольной оси элемента

При несоблюдении этого условия рекомендуется принять конструктивные меры (рис. 3, 4) для предотвращения хрупкого разрушения бетона сжатой зоны. Эти меры общие для всех изгибаемых железобетонных элементов, независимо от формы поперечного сечения:

- увеличение высоты поперечного сечения элемента;
- повышение класса бетона;
- установка арматуры в сжатой зоне бетона.

При расчете прочности тавровых сечений учтены два возможных случая (рис. 2, 4) (где b_f – ширина сжатой полки; h_f – высота сжатой полки; x – высота сжатой зоны бетона):

1 случай – граница сжатой зоны бетона проходит в ребре. Сечение рассчитывается как прямоугольное с шириной, равной ширине сжатой полки);

2 случай – граница сжатой зоны бетона проходит в полке. Сечение рассчитывается с учетом фактической формы сжатой зоны.

Задача расчета прочности по сечениям, наклонным к продольной оси элемента, заключается в подборе диаметра и шага поперечных стержней для свободно опертой балки прямоугольного сечения, а также в определении длины опорного участка, на котором шаг поперечной арматуры минимален (рис. 5) (здесь A_{sw} – площадь сечения поперечной арматуры).

В расчете в зависимости от несущей способности растянутого бетона определяется интенсивность поперечного армирования, требуемая для обеспечения прочности наклонного сечения (рис. 6) (где q_1 – эквивалентная нагрузка; Q_{max} – максимальная поперечная сила; R_{bt} – расчетное сопротивление бетона осевому растяжению; R_{sw} – расчетное сопротивление поперечной арматуры растяжению; s_1 – шаг поперечной арматуры на оппорных участках; s_2 – шаг поперечной арматуры в середине пролета; q_{sw} – усилие в поперечной арматуре на единицу длины элемента (интенсивность поперечного армирования)).

В соответствии с актуализированными алгоритмами и согласно Свода правил [8] был произведен расчет площади сечения растянутой продольной арматуры в изгибаемом элементе прямоугольного сечения, а также подобран диаметр и шаг поперечных стержней для свободно опертой балки прямоугольного сечения при использовании стальной и полимеркомпозитной (стеклопластиковой – АКП-СП) арматуры (рис. 7). На основании результатов расчета проведен сравнительный анализ применения стеклопластиковой арматуры АКП-СП и традиционной стальной арматуры в качестве продольного и поперечного армирования изгибаемых элементов [9, 10].

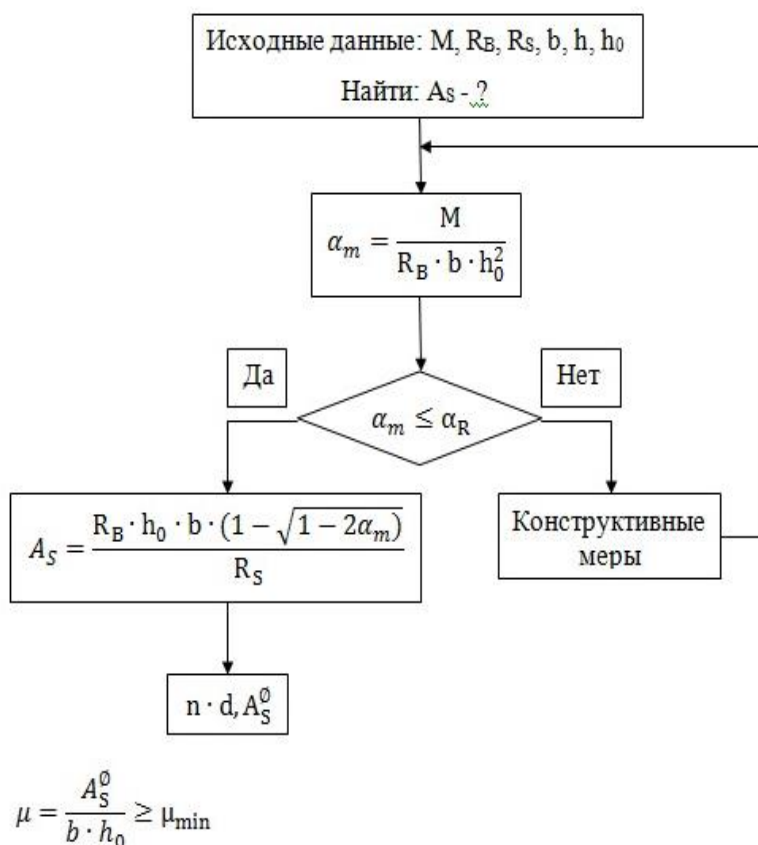


Рис. 3. Алгоритм определения площади сечения растянутой продольной арматуры в изгибаемом элементе прямоугольного сечения

Например, при расчете рабочей продольной арматуры в изгибаемом элементе прямоугольного сечения с высотой сечения 800 мм, шириной сечения 400 мм из тяжелого бетона класса В20 при действии изгибающего момента 105 кН·м принята стальная арматура класса А400 – два стержня диам. 16 мм с площадью сечения 402 мм². При расчете элемента с использованием АКП-СП с расчетным сопротивлением растяжению 1200 МПа площадь сечения растянутой продольной арматуры не изменилась при соблюдении условия минимального коэффициента армирования: для стали $\mu = 0,1\%$, для АКП $\mu = 0,13\%$.

При расчете диаметра поперечных стержней для свободно опертой балки прямоугольного сечения для обеспечения несущей способности потребовалось два стержня диам. 18 мм стальной арматуры класса А240 с площадью сечения 509 мм² или два стержня диам. 8 мм АКП-СП с площадью сечения 101 мм² при одинаковом шаге установки стержней. Диаметр арматуры при использовании АКП уменьшился в 2,25 раза, а площадь сечения в пять раз.

В результате сравнительного анализа сделан вывод, что при использовании полимеркомпозитной арматуры уменьшение площади сечения

арматуры наиболее заметно при поперечном армировании элементов. Но в то же время необходимо отметить, что для принятия решения о целесообразности применения того или иного вида армирования недостаточно опираться только на данные расчетов по I группе предельных состояний, необходимы результаты расчетов и по II группе предельных состояний.

Выводы

В настоящее время результаты сравнительного анализа по применению полимеркомпозитной арматуры приводятся в курсах лекций. Разработанные алгоритмы расчета активно используются в учебном процессе для решения задач на практических занятиях, в курсовом проектировании и при выполнении выпускных квалификационных работ не только для бакалавриата направления подготовки «Архитектура», но и для направления подготовки «Строительство» уровня бакалавриата и магистратуры, и для специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений», а также могут быть использованы в реальном проектировании.

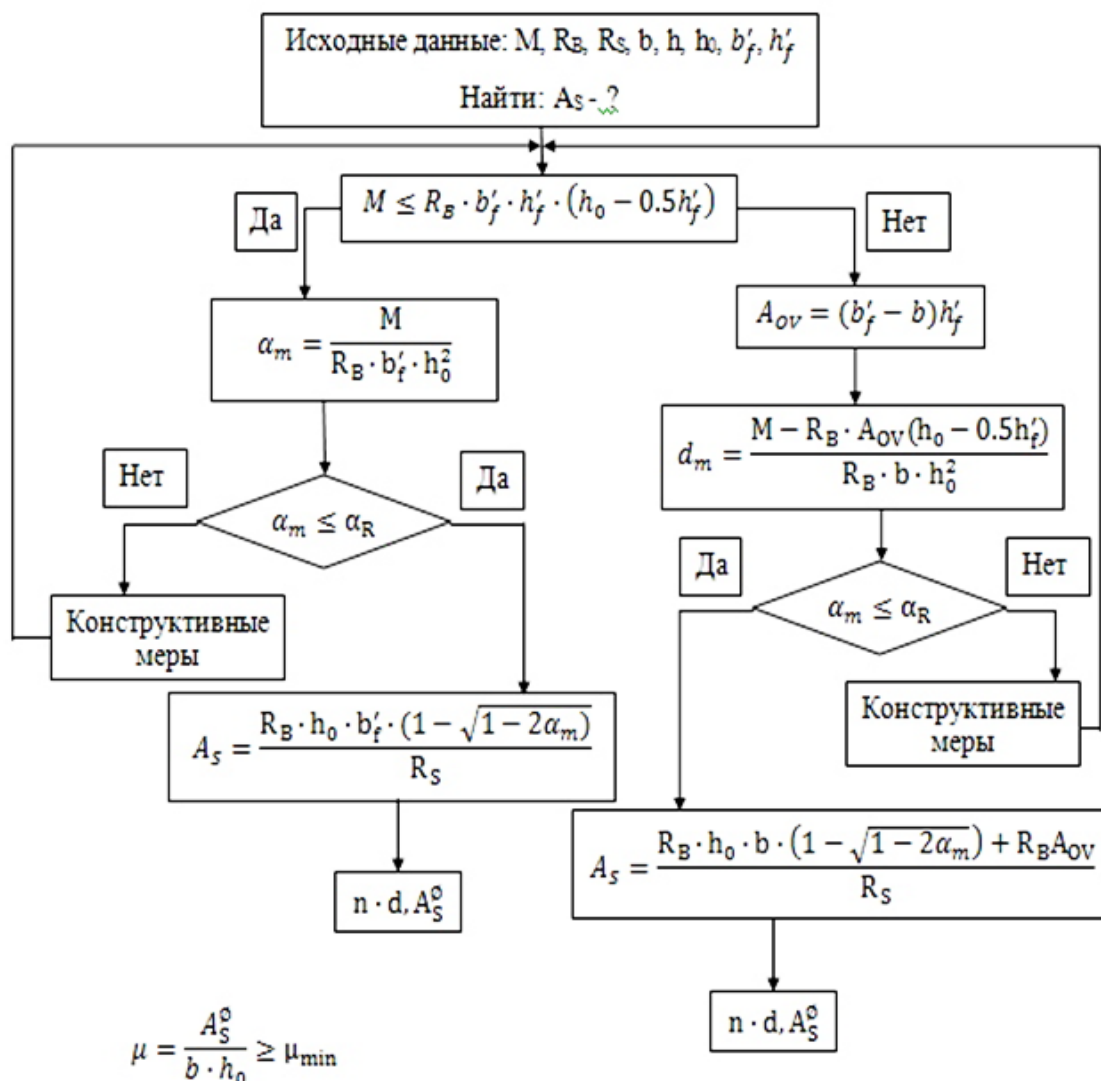


Рис. 4. Алгоритм определения площади сечения растянутой продольной арматуры в изгибаемом элементе таврового сечения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01 – 2003. Утвержден Приказом Минстрой России от 19.12.2018 г. № 832/пр и введен с 20.06.2019 г.
2. Яковлев С.К. Расчет железобетонных конструкций по Еврокоду EN 1992. В 2 ч. Ч. 1. Изгибаемые и сжатые железобетонные элементы без предварительного напряжения. – М.: МГСУ, 2015. – 204 с.
3. Яковлев С.К. Расчет железобетонных конструкций по Еврокоду EN 1992. В 2 ч. Ч. 2. Предварительно напряженные изгибаемые железобетонные элементы. – М.: НИУ МГСУ, 2015. – 220 с.
4. Алешина Е.А., Саломатин Н.М., Алешин Д.Н. Применение алгоритмов расчета прочности нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов при изучении дисциплины «Же-

лезобетонные и каменные конструкции». – В кн.: Новая наука: теоретический и практический взгляд. Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (14 мая 2016, Нижний Новгород). В 2 ч. Ч. 2. – Sterlitaмак: АМИ, 2016. С. 156 – 159.

5. Алешина Е.А., Белоусов Н.С., Алешин Д.Н. Применение алгоритмов расчета прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов при изучении дисциплины «Железобетонные и каменные конструкции». – В кн.: Новая наука: от идеи к результату. Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (29 мая 2016 г., Сургут). В 3 ч. Ч. 2. – Sterlitaмак: АМИ, 2016. С. 132 – 135.

6. Захаров А.О., Алешина Е.А., Котова Н.В. Применение алгоритмов расчета прочности изгибаемых железобетонных элементов при изучении дисциплины «Железобетонные и каменные конструкции». – В кн.: Наука и молодежь:

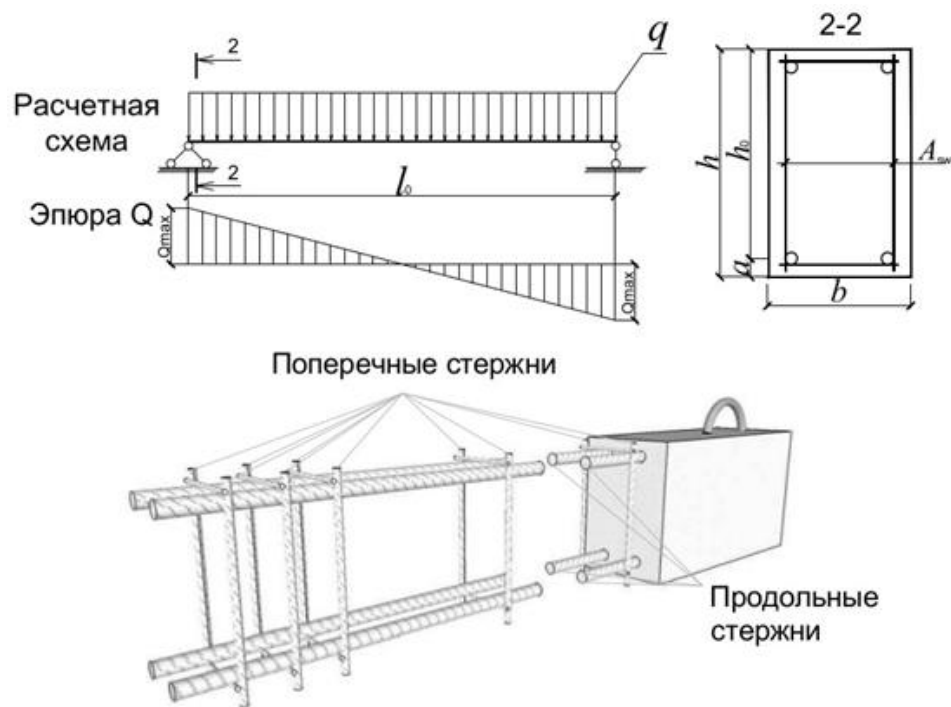


Рис. 5. К расчету изгибаемого элемента прямоугольного сечения по прочности наклонных сечений

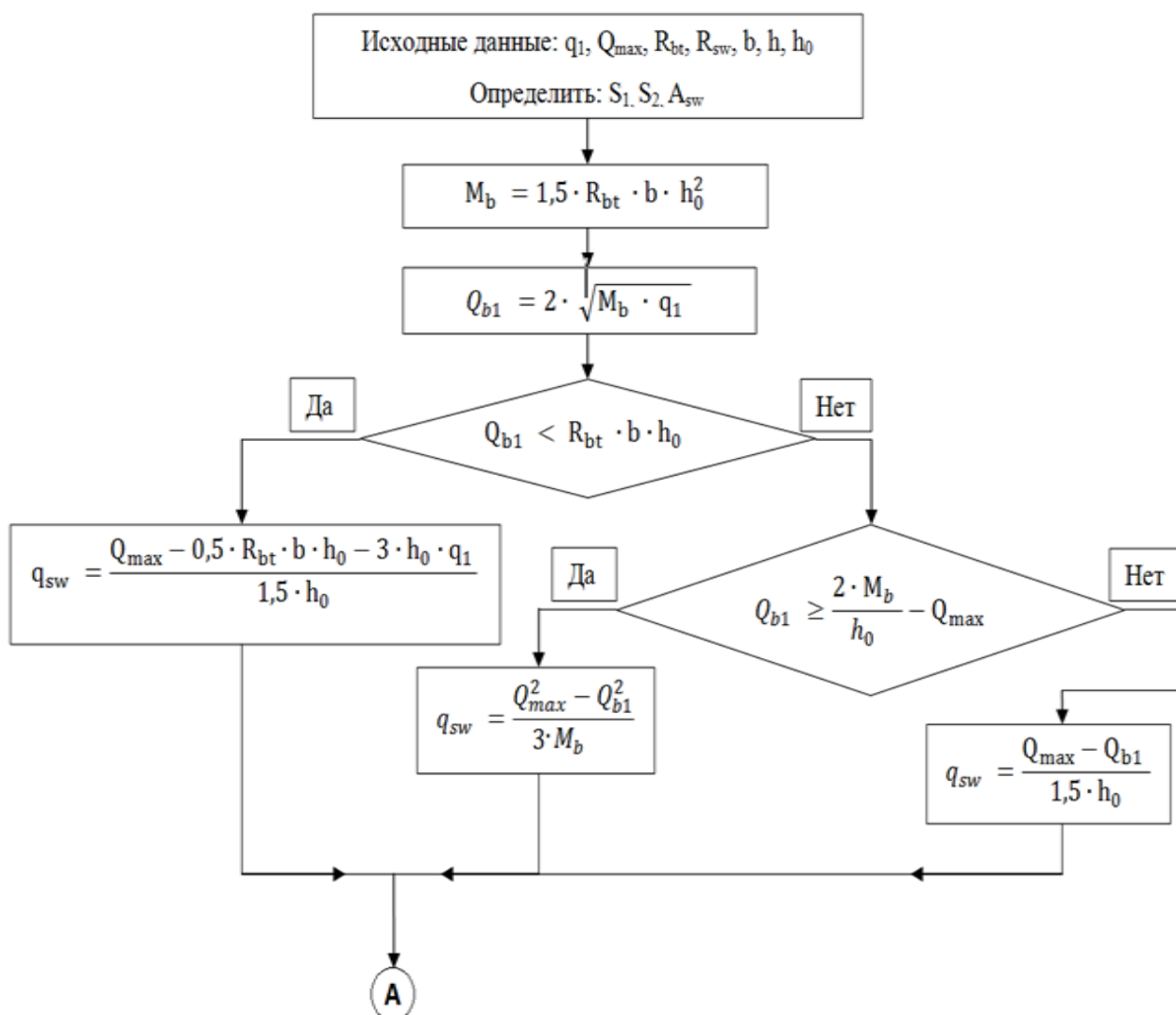


Рис. 6. Алгоритм (фрагмент) подбора диаметра и шага поперечных стержней для изгибаемого элемента



Рис. 7. Полимеркомпозитная (стеклопластиковая) арматура

проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып. 21. Ч. V. Технические науки / Под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2017. С. 271 – 273.

7. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101 – 2003). – М.: ОАО ЦНИИП-помзданий, 2005.

8. СП 295.1325800.2017. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования. Утвержден Приказом Минстрой России от 11.07.2017 г. № 988/пр и введен с 12.01.2018 г.

9. Алешина Е.А., Захаров А.О., Алешин Д.Н., Захарова Н.В. Анализ эффективности применения стеклокомпозитной арматуры в изгибаемых бетонных элементах с использованием алгоритмов расчета прочности. – В кн.: Эффективные стро-

ительные конструкции: теория и практика. Сборник научных статей XIX Международной научно-технической конференции (март 2019 г., Пенза). – Пенза, 2019. С. 11 – 15.

10. Разумов И.Ю., Берг А.М., Захаров А.О., Алешин Д.Н., Алешина Е.А. Анализ применения композитной арматуры для армирования бетонных конструкций на примере монолитного перекрытия промышленного здания. – В кн.: Строительство и реконструкция. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров (28 мая 2019 г., Курск). – Курск, 2019. С. 102 – 105.

© 2020 г. *А.О. Захаров, Е.А. Алешина,
Д.В. Ершова, Д.Н. Алешин,
Н.В. Захарова*

Поступила 02 сентября 2020 г.