



**Разработка программы для
прочностного расчета
сталефибробетонных элементов и
ее применение при
проектировании
многофункционального
высотного здания в г.
Екатеринбург**

Кулушева Снежана М.С-14/06

+79087333948

snezhanakulusheva@gmail.com

Проблема

Боль клиента и почему это важно



Ручной расчет
занимает 3-4
часа



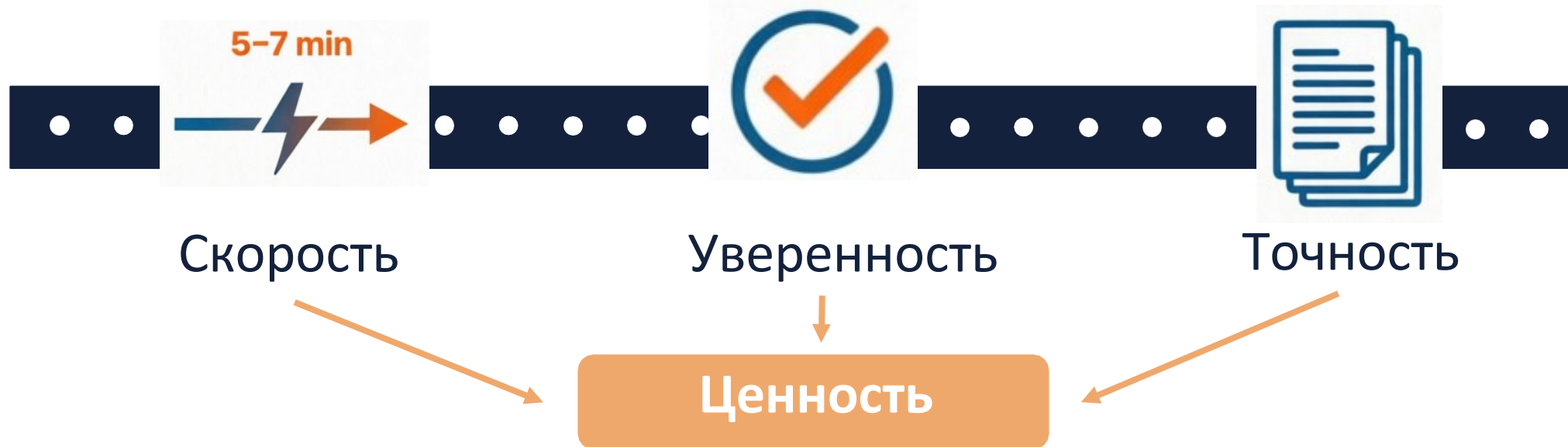
Высокий риск
ошибки при
ручном расчете

Перерасход
арматуры до
20%



Решение проблемы

Автоматизированный расчет изгибаемы тавровых, двутавровых и прямоугольных сечений сталефибробетонных конструкций



Функциональная: Минимум ошибок.

Эмоциональная: Спокойствие за правильность расчетов + свободное время.

Тренды и изменения на рынке

Политика

Импортозамещение:

Приоритет
отечественного ПО



Экономика

Спад строительства:

Экономия металла



Технологичность

**Совместимость с
другими расчетными
программи: SCAD/Ли́ра**



РЫНОК



PAM (Весь рынок ПО для расчетов в РФ):

150 млн. руб.

TAM (Расчеты ж/б конструкций):

75 млн. руб.

SAM (Расчеты сталефибробетонных конструкций):

11 млн. руб.

SOM (Цель в 1-2 год):

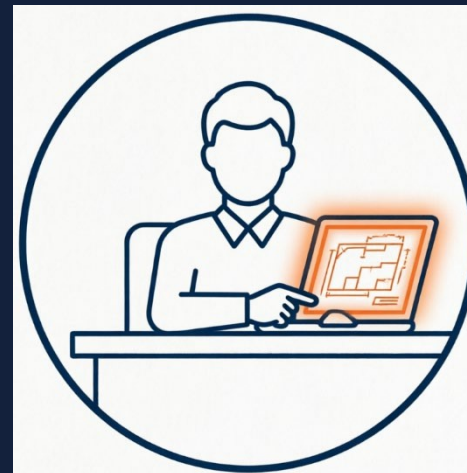
500 тыс. руб.

Целевая аудитория

Крупные проектные организации

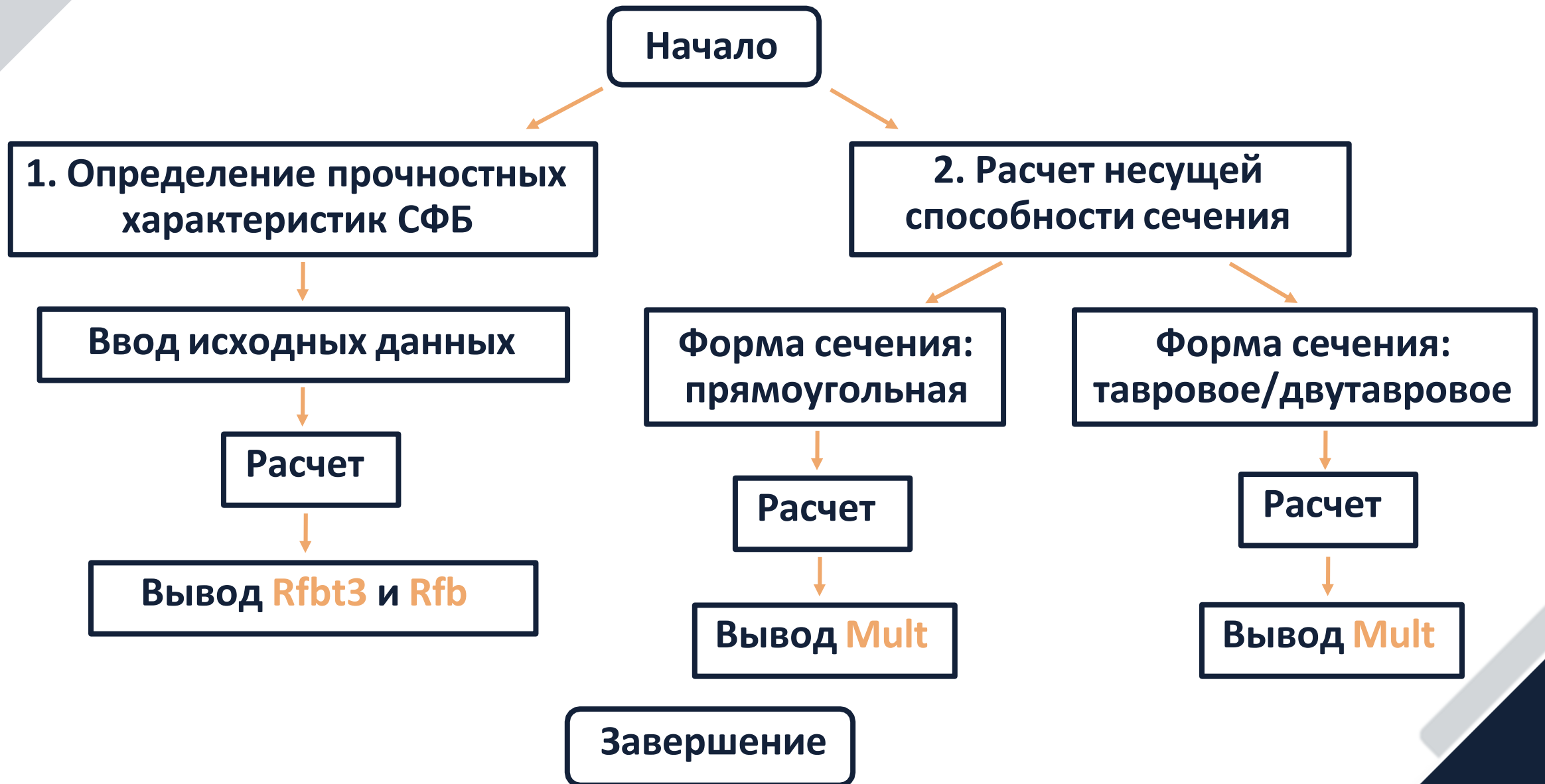
Малые проектные бюро

Вузы и учебные центры



Александр, 30 лет. Инженер-расчетчик в проектом институте .Опыт работы – 5 лет. Проектирует промышленные здания, мосты. Расчетные программы. Расчет в SCAD фибробетонных конструкций, без учета работы фибры. Готов купить после бесплатного тестового периода.

Блок-схема работы программы



Интерфейс программы

Исходные данные	
Сечение	
Класс бетона В	B25
Ширина b, мм	1000
Высота h, мм	200
Фибровое армирование	
Тип фибры	3
Диаметр фибры, мм	0,05
Площадь сечения фибры, мм ²	0,001963494
Длина фибры L _f , мм	30
Коэффициент фибрового армирования μ _f	0,005
R _f , сер, Мпа	850
Результаты расчета	
R _{fbt3} , МПа	1,76
R _{fb} , МПа	18,18
Расчет	

При первом случае исчерпания сопротивления растяжению сталефибробетона значение R_{fbt3} определяется по формуле

$$R_{fbt3} = \gamma_{fb1} \left[K_T \cdot k_{or}^2 \cdot \mu_{ff} \cdot R_f \left(1 - \frac{L_{f,an}}{L_f} \right) + 0,1 R_b (0,8 - \sqrt{2\mu_{fv} - 0,005}) \right],$$

При втором случае исчерпания сопротивления растяжению сталефибробетона значение R_{fbt3} определяется по формуле

$$R_{fbt3} = \gamma_{fb2} R_b \left(K_T \frac{k_{or}^2 \cdot \mu_{ff} \cdot L_f}{8 \eta_f d_{f,rand}} + 0,08 - 0,5 \mu_{fv} \right),$$

Значение R_{fb} определяется по формуле

$$R_{fb} = R_b + (k_{ff}^2 \cdot \mu_{ff} \cdot R_f),$$

Исходные данные	
R _{fbt3} , МПа	4,1
R _{fb} , МПа	25,31
Сечение	
Класс бетона В	90
Защитный слой, мм	25
Ширина верхней полки b _f , мм	380
Толщина верхней полки h _f , мм	100
Ширина нижней полки b _f , мм	400
Толщина нижней полки h _f , мм	40
Толщина стенки b _w , мм	160
Высота h, мм	600
Арматура	
Класс арматуры	A800
Верхняя арматура	
Диаметр d', мм	25
Количество n', шт	5
Нижняя арматура	
Диаметр d, мм	20
Количество n, шт	5
Непродолжительное действие нагрузки	☐
Продолжительное действие нагрузки	☒
Влажность, %	60
Результаты расчета	
Проверка: x ≤ ξ _R * h ₀	x = 34,69 мм < 186,47 мм
Случай расчета	1
Mult, кН*м	709,49
Расчет	

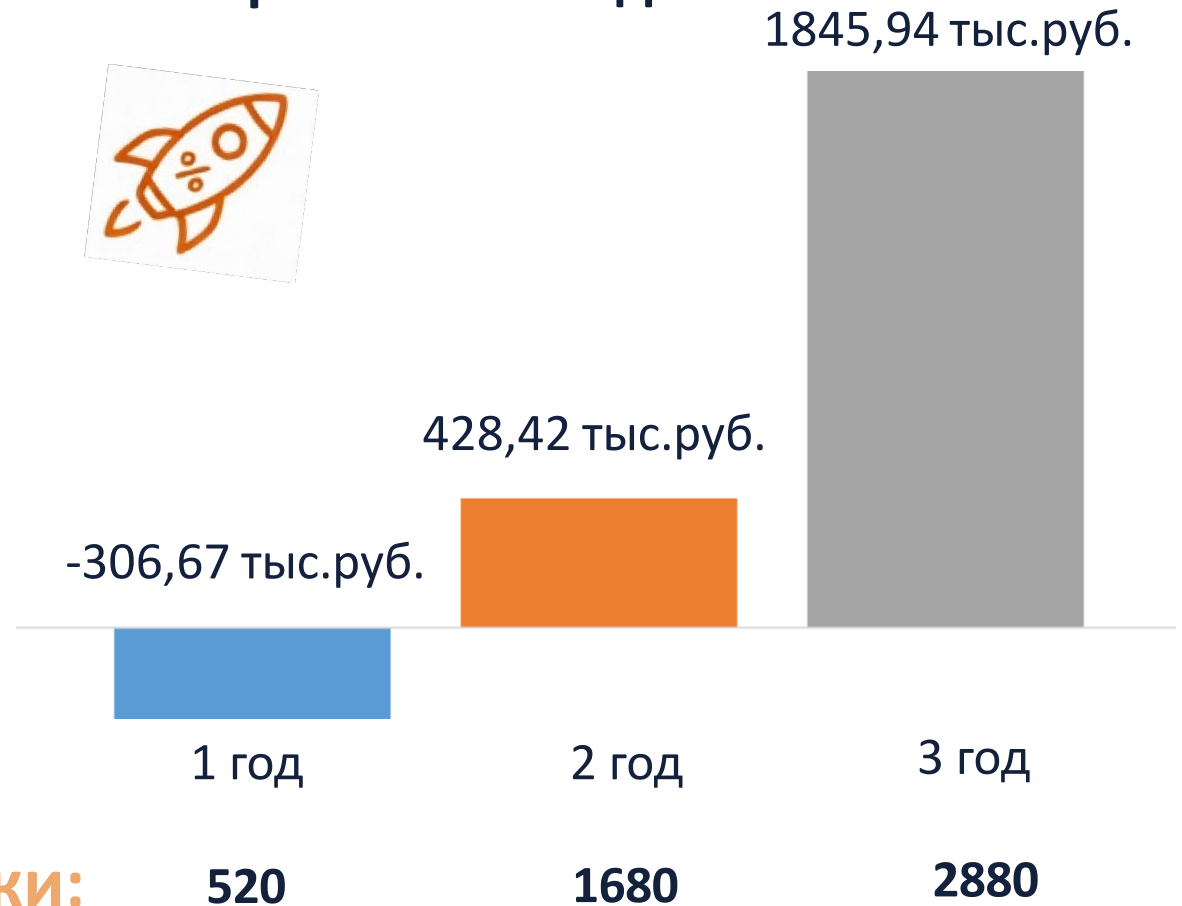
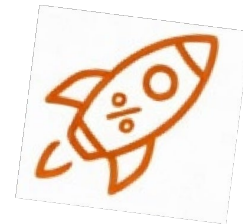
Исходные данные	
R _{fbt3} , МПа	1,76
R _{fb} , МПа	18,18
Сечение	
Класс бетона В	25
Защитный слой, мм	30
Ширина b, мм	1000
Высота h, мм	200
Арматура	
Класс арматуры А	A500
Верхняя арматура	
Диаметр d', мм	6
Количество n', шт	5
Нижняя арматура	
Диаметр d, мм	14
Количество n, шт	5
Характер нагрузки	
Непродолжительное действие нагрузки	☐
Продолжительное действие нагрузки	☒
Влажность, %	60
Результаты расчета	
Проверка: x ≤ ξ _R * h ₀	x = 31,36 мм < 76,63 мм
Mult, кН*м	77,94
Расчет	

Расчет изгибаемых элементов (прямоугольное сечение)	
для фибробетонных элементов с рабочей арматурой	
$M_{ult} = R_{fb} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) \cdot \left(\frac{h - x}{2} - a \right) + R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a')$	
при этом высоту сжатой зоны определяют по формуле	
$x = \frac{R_{sc} \cdot A'_s - R_{sc} \cdot A'_s + R_{fbt3} \cdot b \cdot h}{(R_{fb} + R_{fbt3}) \cdot b}$	
Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого сталефибробетонного элемента прямоугольного сечения с арматурой, при его расчете по прочности	

Расчет изгибаемых элементов (двутавровое и тавровое сечение)	
если граница проходит в полке, т. е. соблюдается условие	
$R_{sc} \cdot A'_s + R_{fbt3} \cdot (b_f \cdot h_f + b_w \cdot h_w) \leq$	
значение Mult определяют по формуле	
$M_{ult} = R_{fb} \cdot b_f' \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) - R_{fbt3} \cdot [b_f \cdot h_f \cdot (h_0 - 0,5h_f) + b_f' \cdot (h_f' - x) \cdot (h_0 - 0,5 \cdot (h_f' + x))] + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$	
при этом высоту сжатой зоны определяют по формуле	
$x = \frac{R_{sc} \cdot A'_s + R_{fbt3} \cdot (b_f' \cdot h_f' + b_w \cdot h_w + b_f \cdot h_f) - R_{sc} \cdot A'_s}{b_f' \cdot (R_{fbt3} + R_{fb})}$	
если граница проходит в ребре, т. е. условие не соблюдается, значение Mult определяют по формуле	
$M_{ult} = R_{fb} \cdot [b_f' \cdot h_f' \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h_f') + b_w \cdot (x - h_f') \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x - 0,5 \cdot h_f') - R_{fbt3} \cdot [b_f \cdot h_f \cdot (0,5h_f - a) + b_w \cdot (h - h_f - x) \cdot (h_0 - 0,5 \cdot (h + x - h_f))] + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')]$	
при этом высоту сжатой зоны сталефибробетона x определяют по формуле	
$x = \frac{R_{sc} \cdot A'_s + R_{fbt3} \cdot (b_w \cdot h_f' + b_w \cdot h_w + b_f \cdot h_f) - R_{fb} \cdot h_f' \cdot (b_f' - b_w) - R_{sc} \cdot A'_s}{b_w \cdot (R_{fbt3} + R_{fb})}$	
1. Схема, когда границы сжатой зоны в сечении изгибаемого элемента с арматурой находятся в полке	2. Схема, когда границы сжатой зоны в сечении изгибаемого элемента с арматурой находятся в ребре

Бизнес-модель

Диаграмма чистой
прибыли по годам



5 тыс. руб.

B2C/инженер



15 тыс. руб.

B2B/5 чел.



Масштабируемость

Функции



Технологии



Материалы



- изгибающий момент
- десктопное приложение
- сталефибробетон



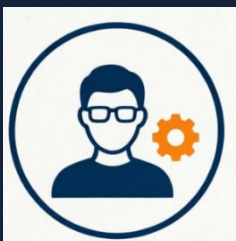
- расчет на сдвиг
- трещиностойкость
- мобильное приложение



- продавливание
- плагин для экспорта
- полимерфибробетон

Команда

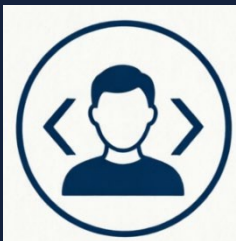
Почему мы справимся:



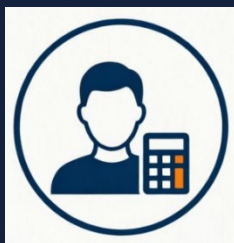
SEO/инженер-
расчетчик



Техподдержка



Разработчик
(программист)



Бухгалтер



Маркетолог