

Модульное некапитальное защитное сооружение

Послойная демпфирующая защита в виде распределённого каркаса, защитных стен и демпфирующих ячеек.

СЛАЙД 01

Новые решения инженерной защиты

Актуальность и постановка задачи · МНЗС гравитационно-демпферного типа

1.1 · Новые решения инженерной защиты объектов критической инфраструктуры

Защита объектов от атак БПЛА требует эшелонированной системы, сочетающей активные средства противодействия и пассивные инженерные барьеры. Постоянное усовершенствование БПЛА и методик их применения ставит перед строительной промышленностью РФ задачу создания быстрого решения по защите объектов из имеющихся в доступности материалов. Современные решения по пассивной защите объектов базируются на внедрении модульных быстровозводимых конструкций с защитой от осколочных, термитных и кумулятивных зарядов.

1.2 · Проблемы существующих решений

Эффективность применения решений на основе мощного каркаса и прочной сетки не даёт гарантии целостности стратегически важного объекта при применении БПЛА осколочного, термитного и кумулятивного боеприпасов. Тяжёлые сетчатые экраны и жёсткие металлические фермы подвержены сквозному пробитию кумулятивной струёй, разрушению под воздействием экстремальных температур термитных смесей, а также масштабной деформации от фугасного удара из-за отсутствия механизмов гашения энергии внутри самой преграды.

1.3 · Философия предлагаемого решения

Только послойная демпфирующая защита в виде распределённого каркаса, защитных стен и демпфирующих ячеек позволяет решить проблему защиты объекта от всех типов дронов. Вместо попытки «остановить» удар жёсткой преградой или сеткой МНЗС реализует принцип распределённого поглощения энергии:

- **Разрушение и рассеивание:** первичный контакт и дробление корпуса БПЛА.
- **Объёмное демпфирование:** гашение кумулятивной струи, термитного потока и осколков в толще сыпучей пористой среды.
- **Статическая стабильность:** перераспределение остаточного давления на замкнутый внутренний контур.

КЛЮЧЕВЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

Некапитальное, всесезонное · сухие строительные процессы

- **Энергонезависимость монтажа:** полный отказ от сварочных постов и мокрых бетонных процессов на площадке.
- **Всесезонность:** строительство может вестись при любых отрицательных температурах — стена свободно «дышит» за счёт люфтов в сухих стыках и податливости биг-бэгов, керамзитобетон не растрескивается.
- **Сейсмостойкость и температурная податливость:** система зазоров и люфтов позволяет конструкции безопасно «дышать» при сезонных перепадах от -40 °C до +40 °C без образования трещин.

ТЕХНОЛОГИЯ

Замкнутая гравитационно-демпферная система

Сооружение представляет собой замкнутую систему из керамзитобетонных блоков — две концентрические сухие стены, жёстко объединённые между собой радиальными простенками (диафрагмами). Простенки преобразуют конструкцию в жёсткую пространственную сотовую структуру коробчатого сечения. Оболочки могут выполняться любой формы. Межстенное пространство заполняется демпфирующими ячейками из биг-бэгов с керамзитом. Сверху сооружение перекрывается вантово-сеточной мембраной с защитным слоем из гранулированного пеностекла.

REI 150

НГ

F150

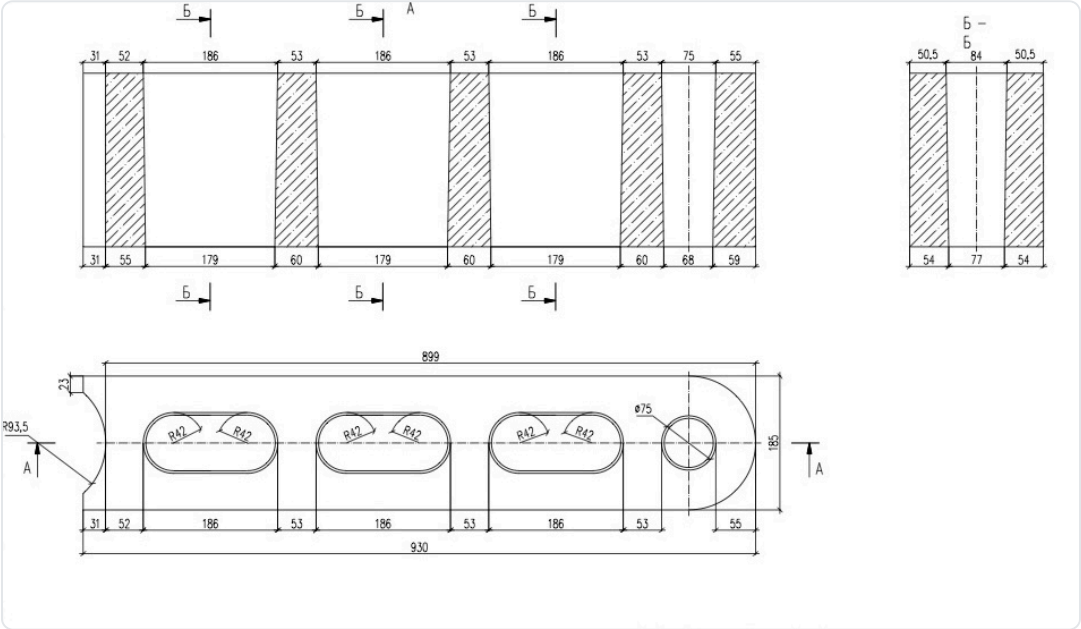
Нормативная база: СП, ГОСТ, **СП 542.1325800.2024**

СЛАЙД 02

Базовый элемент — керамзитобетонный блок (КББ)

Виброформованный блок по ГОСТ 25820-2021 · паспортные характеристики

Геометрия	900 × 185 × 240 мм
Прочность	не менее 5,0 МПа (5,0–5,4 Н/мм²), класс В3.5–В5
Плотность · вес	≈ 765 кг/м³ · 30 кг (монтаж вручную двумя рабочими)
Морозостойкость	не менее F150
Пожарная безопасность	класс НГ (негорючий); предел REI 150 — несущая способность, целостность и теплоизоляция сохраняются 150 минут прямого огневого воздействия
Соединение · армирование	радиусные торцевые замки «паз-гребень»; 4 сквозных канала Ø ≥ 70 мм под стальные стойки (трубы 65×4,0 мм)



ГЕОМЕТРИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БЛОКА КББ · 900×185×240 · 4 КАНАЛА Ø70 · ЗАМКИ «ПАЗ-ГРЕБЕНЬ»

СЛАЙД 03

Архитектура самонесущего каркаса

Перераспределение нагрузок без монолитного капитального фундамента

Объёмный каркас	стальные трубы-стойки Ø65×4,0 (ГОСТ 10704-91, по расчёту СП 16.13330.2017) в соосных каналах КББ, шаг ≤ 90 см; в любой момент усиливается доп. стойками в свободные каналы блоков
Горизонтальная перевязка	прочности сухой кладки достаточно для отказа от распорок; стойки замыкают стены в жёсткое кольцо («бочковой эффект»), удерживающее геометрию
Самонесущая способность	две стены раскреплены поперечными перемычками из КББ и фермами через 3–6 м, образуя объёмный силовой каркас и замкнутые отсеки под демпфер
Основание	аэродромные плиты ПАГ-14 (или дорожные ПДП) на уплотнённой песчано-гравийной подушке; устойчивость к опрокидыванию — по СП 20 и СП 22



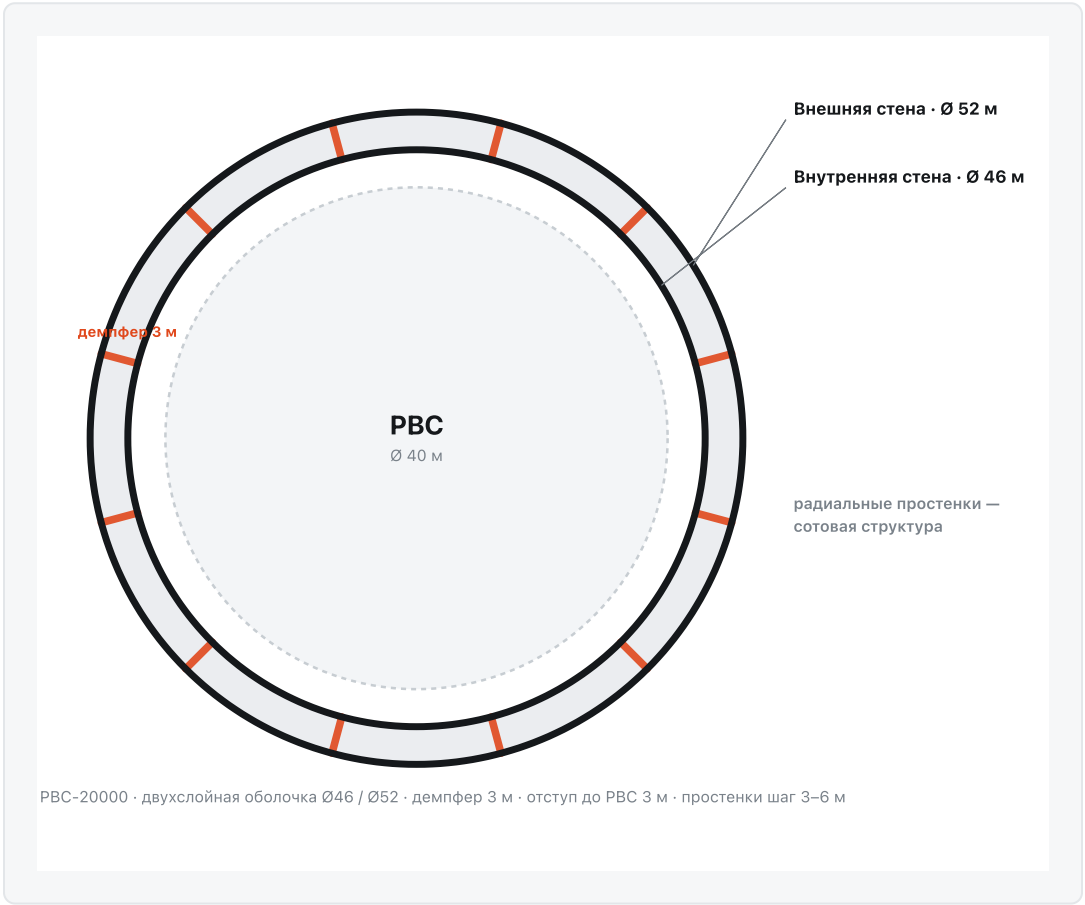
СБОРКА СУХОЙ СТЕНЫ

СЛАЙД 3.1

Структура демпфирующих ячеек

Заполнение межстенного пространства демпфирующими ячейками

Межстенное ядро	биг-бэги (ГОСТ 32521-2013) с керамзитовым гравием М250, фракция 10–20 мм (ГОСТ 32496-2013)
Физика гашения	хрупко-пористые гранулы разрушаются под пятном контакта, поглощая энергию за счёт микроразрушений и не передавая импульс на внутреннюю стену
Огнестойкость	керамзит и ПСКГ — класс НГ; не горят, не выделяют газов при нагреве, блокируют термическое воздействие



КОМПОНОВКА · PVC Ø40 · ОБОЛОЧКИ Ø46 / Ø52 · ДЕМПФЕР 3 М · РАДИАЛЬНЫЕ ПРОСТЕНКИ (СОТОВАЯ СТРУКТУРА)

СЛАЙД 04

Технология послойного возведения

Мобильное некапитальное строительство без сверхтяжёлой техники, сварки и бетонных заводов

- 1 **Подготовка основания:** планировка, дренирующий слой песка (300 мм) и гравия (150 мм), укладка дорожных или аэродромных плит (ПДП, ПАГ-14) — плавающий фундамент-платформа.
- 2 **Стартовый ярус:** первый ряд КББ на тонкий выравнивающий слой (10–15 мм) для выведения горизонта; в каналы устанавливаются трубы-стойки 1-го яруса (12,0 м), временно раскреплённые подкосами.
- 3 **Порядовая сухая сборка:** двое рабочих нанизывают блоки сквозь трубы-стойки строго насухо, без раствора; геометрию держат замки «паз-ребень»; на пересечениях стен и простенков — жёсткая перевязка.
- 4 **Параллельная укладка ядра:** каждые 1,5–2,0 м по высоте краном-манипулятором послойно закладываются биг-бэги с керамзитом; засыпка стабилизирует стены от ветра в процессе стройки.
- 5 **Бессварное наращивание:** на отм. +12,00 м на торцы труб насаживаются гильзы-дорны (600 мм), сверху — трубы 2-го яруса (10,0 м), стык фиксируется шплинтом. Кладка продолжается до +22,00 м (92 ряда блоков).
- 6 **«Корона» и вантовый экран:** распределительный пояс из швеллеров №24, стянутый шпильками М20; к проушинам — ванты Ø14 мм, по ним раскатывается сетка Рабица и фильтрующая сетка; сверху — слой ПСКГ 1,2 м.

СЛАЙД 05

Ударная и конструкционная прочность

Физико-механическая работа материала (ГОСТ 6133-2019 / ГОСТ 25820-2021)

Прочность керамзитобетонного блока — не менее 5 МПа (класс В3.5) — оптимальна для лёгких конструкционных бетонов в составе послойных преград. В зоне контакта керамзитобетон хрупко выкрашивается, поглощая энергию на дробление; основное объёмное демпфирование обеспечивает сыпучий керамзит ядра за счёт межчастичного трения и дробления зерна. Пористая структура дробит и рассеивает ударную волну на множестве границ раздела.

ИНЖЕНЕРНЫЙ РАСЧЁТ · ПРИМЕР РЕАЛИЗУЕМОСТИ

Предварительные проверки несущей способности

Двухслойное кольцо Ø46 / Ø52, Н = 22 м, блок 185×240 (паспорт) · нагрузки СП 20, основание СП 22, каркас СП 16

1 · Несущая способность блока (осевой вес)

Столб стены 92 ряда × 30 кг = 2 760 кг · площадь опирания S = 90 × 18,5 = 1 665 см² · $\sigma = 2\,760 / 1\,665 = 1,66 \text{ кгс/см}^2 = 0,16 \text{ МПа}$

→ прочность блока 5 МПа (51 кгс/см²) · запас ≈ 30× ✓

2 · Давление на основание (СП 22)

Стены + кровля ПСКГ ≈ 1 329 т на ленты ПАГ-14 (≈ 616 м²) → p ≈ 21 кПа · керамзит-демпфер + простенки ≈ 2 853 т на дно кольца (≈ 462 м²) → p ≈ 61 кПа

→ vs расчётное сопротивление грунта R ~150–250 кПа · проходит ✓ (нетто-площади стен и ядра разводятся в РД; ИГИ)

3 · Ветер и устойчивость на опрокидывание (СП 20, IV ветрорайон)

w = w₀ · k · c ≈ 0,48 · 1,1 · 0,7 = 0,37 кПа · парус D×H ≈ 1 144 м² · сила F ≈ 423 кН · момент опрокидывания ≈ 4 656 кН·м; удерживающий момент от веса (≈ 4 182 т) — на порядки больше

→ коэф. устойчивости » 100 (приземистое сооружение, H/D ≈ 0,42) · проходит ✓

Предварительные оценочные проверки — подтверждают реализуемость идеи. Полный расчёт (НДС стального каркаса, местная устойчивость стены 185 мм, узлы, сейсмика) выполняется МКЭ по СП 16 / СП 20 / СП 22 после данных площадки (ветровой район, ИГИ). Настоящие расчёты не являются сертификационными по СП.

СЛАЙД 06

Сценарии защиты от различных типов БЧ

Трёхступенчатый гравитационно-демпфирующий контур

БПЛА → **наружная стена КББ (185 мм)** → биг-бэги с керамзитом 10–20 мм → **внутренняя стена КББ (185 мм)** → зазор до объекта

1 · Осколочно-фугасная БЧ

Наружная стена принимает первый удар: блоки в точке контакта дробятся, поглощая энергию; стальные трубы в каналах работают на изгиб и срез, препятствуя обрушению. Осколки и фугасная волна увязают в керамзитовом ядре (250 кг/м³) — межчастичное трение и разрушение зёрен; биг-бэги локализуют выброс. Внутренняя стена воспринимает лишь остаточное давление.

2 · Термитная БЧ (до 2500 °С)

КББ — полностью минеральный, класс НГ, REI 150. Тепловой очаг локализуется массой и глубиной минеральной засыпки: слой керамзита за наружной стеной (Тпл > 1100 °С) удерживает очаг в пределах внешней ячейки, исключая теплопередачу к объекту через воздушный коридор.

3 · Тандемный кумулятивный выстрел (ПГ-7В)

Наружная стена инициирует предзаряд/взрыватель на безопасном расстоянии. В объёмной ячейке керамзита в биг-бэгах струя проходит непрерывную смену сред (воздух — пористое зерно — полимерная ткань), теряет фокус и рассеивается. До внутренней стены доходит лишь ослабленная акустическая волна.

Оценка проникания (расчётный пример): БЧ 20 кг после пробития наружной стены заглубляется в керамзитовое ядро на ≈ 0,85 м — около 30% ширины 3-метрового демпфера; остаётся ~2 м неповреждённого слоя, внутренняя стена сохраняет 100% герметичности. Для БЧ 50 кг остаточный слой демпфера удерживает боковое давление ≤ 0,4 кг/см², которое внутреннее кольцо (Ø46 м) со стойками компенсирует арочным сжатием. Сквозное пробитие исключено; подтверждается полигонными испытаниями по СП 542.

СЛАЙД 08

Сводная ведомость материалов

Предварительная оценка по геометрии: двухслойное кольцо Ø46 / Ø52, высота 22 м, блок 185×240

МАТЕРИАЛ	СТАНДАРТ	КОЛ-ВО	МАССА
Блок керамзитобетонный КББ 900×185×240 (2 стены)	ГОСТ 25820-2021	31 556 шт.	≈ 947 т
Блок КББ — радиальные простенки (перемычки, шаг 3 м)	ГОСТ 25820-2021	≈ 15 640 шт.	≈ 469 т
Керамзитовый гравий М250 (10–20 мм)	ГОСТ 32496-2013	≈ 9 537 м³	≈ 2 384 т
Пеностекло гранулированное ПСКГ М150 (5–20 мм)	ГОСТ Р 54468-2011	≈ 2 548 м³	≈ 382 т
Биг-бэги промышленные (1,5 м³)	ГОСТ 32521-2013	≈ 8 472 шт.	—
Труба стальная Ø 65×4,0 мм (стойки, ярусы 12+10 м)	ГОСТ 10704-91	≈ 343 шт.	≈ 45 т
Итого основные материалы (стены + простенки + засыпки)			≈ 4 182 т

Числа — **предварительная оценка** из геометрии (кольцо Ø46 / Ø52, Н 22 м, блок по паспорту 185×240). Простенки приняты при шаге 3 м (проектный диапазон 3–6 м). Сечение труб, число и шаг простенков, зоны замоноличивания, нетто-площади опор и точные объёмы уточняются рабочим расчётом (МКЭ) по данным площадки.

СЛАЙД 09

Быстрый монтаж, демонтаж и ремонтпригодность

- **Сухой монтаж:** бригада из двух разнорабочих собирает ряды КББ (30 кг) насухо, без клея и раствора; фиксация — замками «паз-гребень», стойки вставляются сверху в каналы.
- **Демпфер в биг-бэгах:** керамзит и ПСКГ, расфасованные на заводе, подаются краном-манипулятором — исключаются операции пересыпки навалом.
- **Ремонтпригодность:** при попадании разрушения локальны — повреждённые блоки, стойки и биг-бэги извлекаются краном за часы и заменяются сухим способом; при необходимости конструкция разбирается для переустановки.

СЛАЙД 10

Экономическая целесообразность

Доступность 100%	керамзит, гранулированное пеностекло, КББ и стальные стойки — серийные гражданские материалы во всех промышленных центрах РФ, без импортной зависимости
Снижение капзатрат	лёгкий ПСКГ на кровле облегчает верхний каркас (–30% стоимости верха); отсутствие монолитного фундамента (плиты ПАГ-14) — земляные и бетонные работы –75%
Юридическая чистота	некапитальное строение — без разрешения на строительство и госэкспертизы (ст. 51 ГрК РФ); ввод приказом по предприятию за дни; на ОПО сохраняются требования 116-ФЗ и обоснование по СП 542

КРОВЛЯ · ЗАЩИТА ВЕРХНЕЙ ПОЛУСФЕРЫ

Вантово-сеточный экран · проливная конструкция

Конструктив	пространственная ферма с радиальными и кольцевыми рёбрами + высокопрочная оцинкованная сетка по вантам Ø14 мм; сверху — ПСКГ высотой 1,2 м в биг-бэгах, всего 180 кг/м² (разгрузка фермы, стоек и крыши РВС)
Проливная конструкция	сеточная мембрана и пористая засыпка свободно пропускают дождевую и пожаротушащую воду — осадки и пена не накапливаются, гидростатической и снего-водной нагрузки нет; вся система (сухие стены, засыпка, кровля) дренируется, вода уходит через основание

СЛАЙД 11 · ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итог

Модульное некапитальное защитное сооружение с распределённым адаптивным каркасом, сухими защитными стенами, керамзитовым демпфером в биг-бэгах между стенами и вантово-сеточной проливной кровлей из ПСКГ обеспечивает максимальную скорость монтажа и высокую ремонтопригодность. Снижение веса верхней крышки гарантирует конструктивную надёжность самонесущей системы, а биг-бэги делают обслуживание и ликвидацию последствий ударов БПЛА быстрыми и малозатратными.

При проектировании учитывается свод правил **СП 542.1325800.2024** «Защитные ограждающие конструкции от беспилотных летательных аппаратов. Правила проектирования» (утв. приказом Минстроя России от 25.12.2024 № 910/пр); несущий каркас и основание рассчитываются по СП 16 / СП 20 / СП 22, стойкость к воздействию БЧ подтверждается натурными испытаниями по программе СП 542.