ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ЦЕНТРИФУГ И ЦЕНТРИФУЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ ОТ АТАК С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА

Технологические корпуса с промышленными центрифугами, сепараторами и каскадными установками (включая объекты атомной, химической, нефтегазоперерабатывающей и обогатительной промышленности) относятся к критически важным объектам повышенной ответственности. Остановка или повреждение высокооборотного оборудования даже от ударной волны и осколков влечёт длительный технологический простой и риск аварийной разгерметизации.

> **Ключевой принцип защиты:** система «Укрытие Антидрон» формирует внешний двухуровневый силовой контур над зданием или технологическим блоком на независимых опорах без опирания на несущие конструкции корпуса, исключая передачу динамического импульса при перехвате БПЛА.

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УКРЫТИЯ ЦЕНТРИФУЖНЫХ КОРПУСОВ

Для защиты зданий и открытых технологических площадок, в которых размещены центрифуги, применяется быстровозводимая сборно-разборная вантово-сетчатая система «Укрытие Антидрон» в сочетании с локальной противоосколочной защитой:

- **Независимый силовой каркас:** металлические решётчатые опоры высотой до 100 м устанавливаются на некапитальные незаглублённые железобетонные фундаментные подушки по периметру корпуса с соблюдением зазора безопасности (от 8 м от стен здания).
- **Двухуровневая защитная сетка:** верхний силовой контур из стальных канатов (ячейка 500×500 мм) принимает кинетическую энергию тяжёлых БПЛА самолётного типа (массой до 400 кг, скоростью до 200 км/ч), а нижний контур с мелкоячеистой сеткой (60×60 — 120×120 мм) предотвращает пролёт FPV-дронов и квадрокоптеров со сбрасываемым боеприпасом.
- **Соблюдение расстояния безопасности (5–15 м):** купол укрытия располагается выше кровли и вентиляционных шахт центрифужного зала, обеспечивая подрыв заряда (до 30 кг в тротиловом эквиваленте в исполнении МАКС) на безопасном удалении от технологического оборудования.
- **Отсутствие огневых работ и остановки производства:** все элементы конструкции изготавливаются в заводских условиях и собираются на объекте исключительно слесарным способом без сварки, что позволяет вести монтаж без остановки действующих центрифуг.

- **Совмещение с противоосколочной защитой:** оконные проёмы, аэрационные фонари и уязвимые узлы машинных залов дополнительно оснащаются легкосбрасываемыми взрывозащитными жалюзи, бронелистами и матами на основе СВМП.

2. СХЕМЫ КОМПОНОВКИ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

В зависимости от габаритов центрифужного корпуса и прилегающей инфраструктуры (трубопроводных эстакад, систем энергоснабжения, вспомогательных модулей) применяется сплошной двухуровневый купол с промежуточными решётчатыми опорами по периметру здания, обеспечивающий полное перекрытие машинного зала без установки опор внутри производственного контура.



Рис. 1. Внешний вид двухуровневой защиты производственного корпуса: решётчатые опоры на незаглублённых железобетонных фундаментах с оттяжками расположены по периметру здания с соблюдением безопасного зазора; двухуровневый сетчатый купол полностью перекрывает кровлю и вентиляционные блоки.

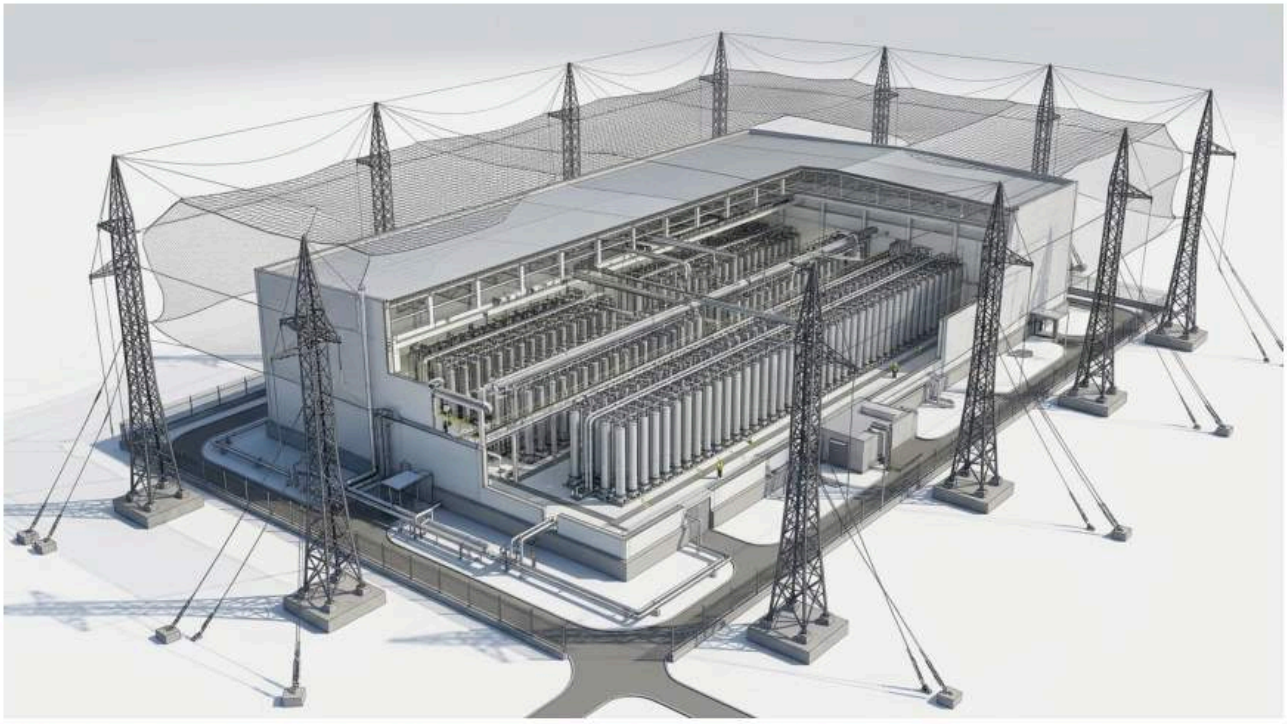

Рис. 2. Компоновочная 3D-схема укрытия центрифужного зала (в разрезе): многорядные каскады центрифуг и технологическая обвязка внутри корпуса защищены внешним вантово-сетчатым контуром без опирания на строительные конструкции цеха.

3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ДЛЯ ЦЕНТРИФУЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Параметр	Техническое значение / исполнение
Уровень защиты (серия)	МАКС (БПЛА до 400 кг, скорость до 200 км/ч, кинетическая энергия до 617 кДж, заряд до 30 кг ВВ) или Средний / Лёгкий уровень в соответствии с СП 542.1325800.2024
Тип конструкции	Временная быстровозводимая сборно-разборная некапитальная инженерно-техническая конструкция на типовых ЖБ-подушках
Конфигурация сетчатого купола	Двухуровневая система с расстоянием между контурами ~2 м: основной силовой каркас (тросы 20–45 мм) + силовая сетка 500×500 мм + мелкоячеистая сетка 80×100 мм (или 60×60 мм)
Безопасный зазор до кровли и стен	По вертикали до кровли корпуса — не менее 15 м; по горизонтали от границ здания до опор — не менее 8 м (угол наклона оттяжек 30°)
Дополнительное оснащение	Противоосколочные жалюзи и бронепанели на проёмы, система антиобледенения сетки, антикоррозийная защита элементов (срок службы более 10 лет)

4. ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА «ПОД КЛЮЧ»

- **Этап 1. Проектирование:** обследование защищаемого объекта, при необходимости лазерное 3D-сканирование, разработка базового проекта (ОТР), 3D/BIM-модели и рабочей документации (разделы КМ, КЖ, РР, ПОС), расчёт нагрузок по собственной методике, прошедшей экспертную оценку НИУ МГСУ.
- **Этап 2. Производство и монтаж:** заводское изготовление типовых секций опор, фундаментных подушек и сетчатых сегментов из российских материалов, слесарный монтаж на площадке без огневых работ, шеф-монтаж и передача исполнительной документации.

БОЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Инженерная защита промышленных объектов