

TUONAO

Гибкая стальная тросовая сетка

Решение для комплексной защиты
промышленных объектов

柔性钢丝绳网

工业设施综合防护解决方案



Безопасность
安全



Надёжность
可靠



Профессионализм
专业



Комплексные
решения
一站式解决方案

Защищаем промышленные объекты
от современных угроз

为工业设施应对现代威胁提供可靠防护



+86-186 3213 8668



sales@coating-equipment.com

Гибкий канатный барьер — это высокопрочная стальная тросовая сетка, специально разработанная для перехвата низколетящих, малых и медленных воздушных целей, включая ударные БПЛА (дроны-камикадзе) и квадрокоптеры.

柔性钢丝绳防无人机拦截网是一种基于高韧性不锈钢绳套环结构的空防护系统，专为拦截低空、小型、慢速飞行目标(包括自杀式无人机、FPV巡飞弹及多旋翼无人机)而设计，构筑全天候物理防护屏障。



Типовая схема защиты резервуаров РВС / 储油罐区外围柔性防护网实景



Перехват БПЛА
无人机物理拦截



Круглосуточно 24/7
全天候持久守护



Экологичность
绿色环保无污染



Быстрый монтаж
模块化便捷安装

ЧЕТЫРЕХКОНТУРНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ МОДЕЛЬ: МЕХАНИЗМ, ОБЪЕКТЫ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ЭШЕЛОНИРОВАНИЕ

柔性钢丝绳无人机防护系统 四象限工程模型 (防护机理·应用对象·核心优势·体系协同)

1. МЕХАНИЗМ ЗАЩИТЫ / 物理拦截与能量耗散机理

- 1 Запутывание винтов и моторов / 桨叶机械缠绕逼停**
Высокопрочные канаты мгновенно блокируют роторы и разрушают винтомоторную группу.
- 2 Преждевременная детонация ($\geq 4-5$ м) / 提前引爆与动能吸收**
Срабатывание БПЛА на сетке на безопасном расстоянии, гашение кумулятивной струи.
- 3 Упруго-пластическая деформация (SNS) / 柔性变形吸收冲击**
Принцип SNS: деформация тросов поглощает кинетическую энергию без хрупкого разрыва.
- 4 Защита от первичных и вторичных осколков / 破片飞溅拦截**
Снижает скорость и рассеивает поток поражающих элементов боевой части.

2. ОБЪЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ / 适用重点工业基础设施

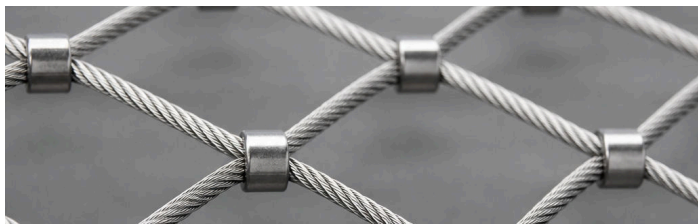
- A Резервуары нефти, топлива и СПГ / 储油罐区与气柜**
Купольные и шатровые сетки над дыхательными клапанами и стенками РВС.
- B Трансформаторы и ОРУ подстанций / 变电站与主变压器**
Защита радиаторов, вводов и маслонаполненного оборудования без помех вентиляции.
- C Эстакады технологических трубопроводов / 关键管廊与输油管**
П-образные арочные укрытия над узлами перекачки, задвижками и трубами.
- D Энергоблоки, ГЭС, ТЭС и машзалы / 发电厂房与动力车间**
Пространственные защитные экраны над светозащитными фонарями и кровлей.

3. КЛЮЧЕВЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА / 核心技术优势与可靠性

- ✓ **0 Вт питания · 100% Пассивность · 零电耗 · 全天候工作**
Не требует энергоснабжения, работает 24/7/365 в любых погодных условиях.
- ✓ **0 Радиопомех · Совместимость с РЭБ / 无电磁辐射与干扰**
Не искажает сигналы РЛС, связь объекта и работу систем радиоэлектронной борьбы.
- ✓ **Негорючесть и термостойкость / 绝对不燃 · 耐受高温灼烧**
Нержавеющая сталь AISI 304/316 не горит (в отличие от капроновых/полимерных сеток).
- ✓ **Стойкость к коррозии C5-M (>25 лет) / C5级工业重防腐**
Устойчива к нефтепродуктам, солевому туману, кислотным осадкам и морозам до -60°C .
- ✓ **Сквозность 85–95% / 超高透空率 (85–95%)**
Минимальная парусность, естественная вентиляция и охлаждение оборудования.

4. ЭШЕЛОНИРОВАНИЕ И ГРАНИЦЫ / 体系协同作战与工程边界

- ★ **Рубеж ближней физической защиты / 终端末端绝对屏障**
Сетка является последним физическим барьером при прорыве дальнего рубежа РЭБ/ПВО.
- ★ **Золотая связка: «РЭБ + Сетка» / “远距软杀伤 + 近端硬拦截”**
РЭБ подавляет каналы наведения; сетка перехватывает потерявшие управление или оптические FPV.
- ★ **Необходимость буферного зазора $\geq 4-5$ м / 严格保证4-5米安全净距**
Нельзя укладывать сетку прямо на оборудование — зазор обязателен для сброса давления.
- ★ **Запрет ячеек > 100 мм для малых FPV / 严禁大孔径网防微型机**
Для надежного перехвата FPV (3–8 дюймов) необходима ячейка 40×40 мм или 65×65 мм.
- ★ **Модульная заменяемость секций / 1-2小时模块化快速维修**
При повреждении заменяется только локальное полотно без демонтажа несущих опор.



1

Захват винтов и блокировка
缠绕桨叶 · 瞬间锁死

Гибкие тросы мгновенно наматываются на пропеллеры БПЛА, блокируя тягу двигателей. Гибкая стальная проволока мгновенно закручивается в спираль, блокируя выход мощности.

2

Подрыв на отлете (2.5–4.5 м)
远距离起爆 · 降低穿透力

Дистанционный подрыв удерживает эпицентр взрыва на безопасном удалении от объекта. В защитной сети взрываются боеголовки, образуя безопасную дистанцию.

3

Сброс давления и вентиляция
网孔泄压 · 避免二次破坏

Открытая ячеистая структура свободно пропускает ударную волну, исключая разрыв сетки. Открытая сетчатая структура обеспечивает вентиляцию, уменьшая воздушные ударные волны.

4

Демпфирование осколков
碎片吸收 · 减少穿透损伤

Высокая упругость полотна эффективно поглощает кинетическую энергию фрагментов. Высокая упругость сетчатой структуры эффективно поглощает кинетическую энергию фрагментов. Высокая упругость сетчатой структуры эффективно поглощает кинетическую энергию фрагментов. Высокая упругость сетчатой структуры эффективно поглощает кинетическую энергию фрагментов.

Специализированная физическая защита для стратегических промышленных объектов

针对高危能源化工基地、电力输配枢纽及重点工业基础设施的低空无人机拦截与物理防护体系

НЕФТЕГАЗ / 油气化工



Резервуарные парки и нефтебазы (РВС)

储油罐区与大型石化储运基地

- Кольцевой барьер на опорных стойках + верхний горизонтальный гибкий защитный навес
环形立面立柱拦截屏障 + 顶部高空水平柔性防护天幕
- Обеспечивает перехват и дистанционный подрыв дронов-камикадзе, полностью устраняя угрозу вертикального пикирования.
隔离并诱爆自杀式无人机，彻底消除垂直俯冲威胁。

Тип: РВС 1000–50000 м³

ГОСТ Р 58404

ЭНЕРГЕТИКА / 电力电网



Подстанции 110–750 кВ ОРУ

高压变电站与户外配电装置

- Большепролетная канатная сетка на вантово-балочном каркасе: сплошное перекрытие зоны главного трансформатора.
悬索钢梁承载大跨度钢丝绳网，全覆盖主变压器岛
- Безопасные изоляционные зазоры в норме. Проницаемость >85% — без помех для вентиляции и охлаждения.
绝缘间隙安全合规，透空率 >85%，不阻碍通风散热

Тип: РВС 1000–50000 м³

ГОСТ Р 58404

ТРУБОПРОВОДЫ / 管廊管道



Эстакады и магистральные трубопроводы

输送管廊桥架与长输油气管道

- Арочный модульный сетчатый купол с линейным перекрытием трасс трубопроводов.
拱形模块化钢丝绳笼罩结构，沿管线廊道线性延伸
- Надежный перехват низковысотных дронов-камикадзе и малоразмерных ударных БПЛА.
阻截穿越低空的巡飞弹与微小型侦察/攻击一体无人机

Тип: РВС 1000–50000 м³

ГОСТ Р 58404

ТЭЦ & ГРЭС / 火电核电



Энергоблоки ТЭЦ, ГРЭС и АЭС

热电厂、大型发电厂及核电外围

- Адресная защита турбинного цеха, котельного отделения и узлов углеподачи.
汽轮机厂房、锅炉岛与输煤系统关键节点精准包裹
- Предел прочности >1770 МПа (Н/мм²): стойкость к раскаленным осколкам и фугасному воздействию взрыва.
超高抗拉强度 (>1770 N/mm²), 耐高温碎屑与冲击波

Тип: РВС 1000–50000 м³

ГОСТ Р 58404

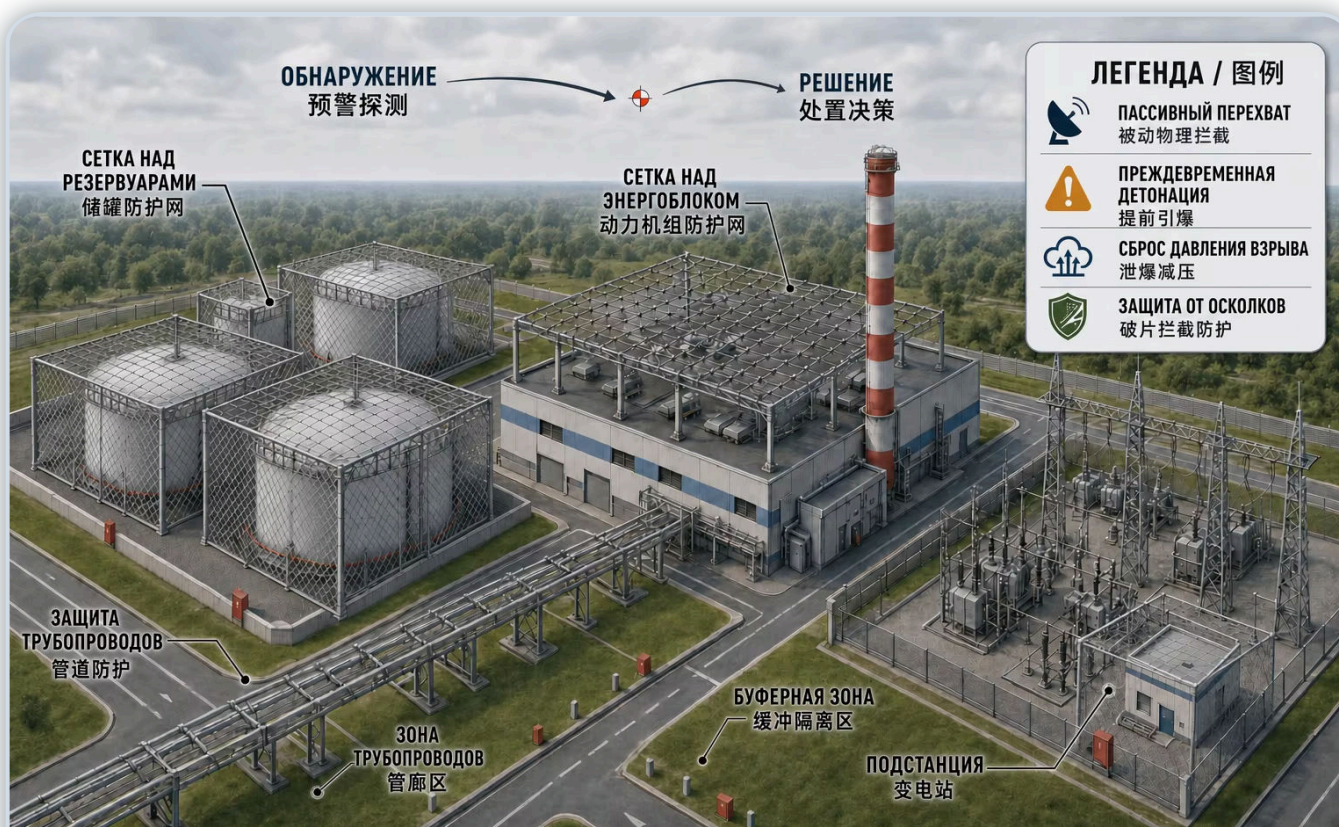
Энергетические объекты, складские территории, промышленные площадки, защитные ограждения зданий и сооружений и др.
能源设施、仓储区域、工业设备区、建筑防护围栏等。

КОМПЛЕКСНАЯ ТРЕХМЕРНАЯ СХЕМА ЗАЩИТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

企业综合立体防护方案

Схема эшелонированной защиты объекта: резервуарный парк, энергоблок, ОРУ подстанции и эстакады

多层次立体防御架构图：储油罐组360°封闭网笼、主房屋顶天网、变电站及控制室全防护网、管线走廊防护。



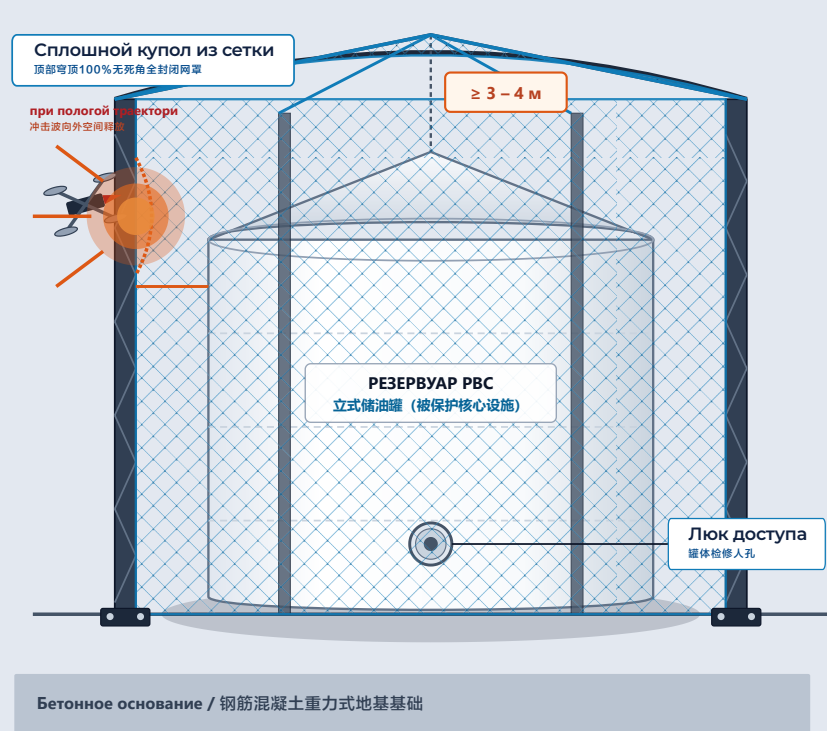
ФИЗИЧЕСКИЙ ПЕРЕХВАТ (物理拦截) • СНИЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПРЯМОГО ПОРАЖЕНИЯ (降低直接命中率) • СОВМЕСТНО С ОБНАРУЖЕНИЕМ И РЭБ (协同探测与电子战)

Схема эшелонированной защиты объекта: резервуарный парк, энергоблок, ОРУ подстанции и эстакады

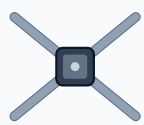
多层次立体防御架构图：储油罐组360° 封闭网笼、主房屋顶天网、变电站及控制室全防护网、管线走廊防护

Принцип действия / 工作原理： Создание пространственного барьера из гибкой канатной сетки на несущих металлоконструкциях с выносом на безопасное буферное расстояние (1,5–5,0 м) от защищаемого оборудования. Предотвращает прямой контакт кумулятивной/осколочно-фугасной боевой части с телом резервуара или трансформатора.

ИНЖЕНЕРНАЯ СХЕМА 360° ПОЛНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ РЕЗЕРВУАРА СЕТКОЙ ИЗ СТАЛЬНОГО КАНАТА
柔性钢丝绳无人机防护网·储油罐 360° 全包围立体防护与泄爆缓冲结构图解



УЗЕЛ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ КАНАТОВ (ФЕРРУЛА) / 钢丝绳压套管节点



- **Бесшовная феррула из AISI 316**
AISI 316 不锈钢无缝液压管冲压固结
- **Без сварки: канат не повреждается**
物理冷压无焊接影响, 钢丝绳无损伤
- **Прочность узла: 100% разрыва каната**
节点握裹力达100%母材破断拉力

РАЗМЕР ЯЧЕЙКИ И ТИПЫ ПЕРЕХВАТА // 网孔尺寸与拦截分类



- **40×40мм (Конфиг. А - Точная / 精细型)**
Малые FPV-дроны (3-8"), сбросы боеприпасов
- **65×65мм (Конфиг. В - Универсальная / 通用型)**
Стандартные БПЛА-камикадзе, барражирующие припасы
- **100 × 100 мм (Конфиг. С - Тяжелая / 重载型)**
Крупные дальнбойные БПЛА самолетного типа

КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ // 核心结构要素规范

- ① **Сетка из нержавеющей каната / 柔性不锈钢卡扣网:**
Сплошное 360° перекрытие купола и стенки без слепых зон (全向无死角覆盖).
- ② **Несущий стальной каркас / 重型空间桁架支架:**
Горячеоцинкованная сталь, выдерживает ветровые и снеговые нагрузки РФ.
- ③ **Буфер безопасности ≥4-5 м / 安全泄爆缓冲间距 ≥4-5米:**
Гашение энергии взрыва в воздухе; снижение пикового давления на стенку до 90%.
- ④ **Люк обслуживания / 专用检修联锁门:**
Съемные секции на тросовых карабинах для доступа к клапанам и арматуре.

Состав системы, узлы монтажа и типовые сценарии

系统组成部件、工程安装节点与实景应用

Элемент системы / 部件	Инженерное назначение / 功能说明
① Полотно сетки (Канатная сетка)	Основной перехватывающий слой: ромб/квадрат, обжимные феррулы, сквозность 85-95%.
② Несущий трос (Тросовый каркас)	Продольные и поперечные канаты ф8-16 мм, воспринимают натяжение, вес и динамический удар.
③ Стойки и фермы (Опоры)	Оцинкованный профиль/фермы, анкеровка в бетонный фундамент или на сущ. конструкции.
④ Талрепы и зажимы (Натяжители)	Талрепы (винтовые стяжки), коуши, зажимы для создания и регулировки преднатяжения.



Узел анкеровки стойки и крепления троса
立柱地脚锚固、受力主索与压板固定节点

Оцинкованная опора, химические анкера, прижимная планка и коуш для равномерного распределения натяжения на стойку.

6 ключевых правил монтажа / 6大施工要点

1. **Обязательное преднатяжение:** исключает провисание и ветровой резонанс.必须进行预张紧: 防止网体下垂及风致共振。
2. **Сшивка полотен:** перехлест ≥ 1 ячейки, без слепых зазоров.网片拼接: 搭接宽度不少于1个网孔, 确保无盲区、无遗漏间隙。
3. **Безопасный разрыв ≥4-5 м:** рассеивание давления взрыва в воздухе.保持4-5米及以上的安全间距: 使爆炸压力在空气中扩散、衰减。
4. **Электроизоляционные зазоры:** строгое соблюдение норм ПУЭ.电气绝缘间隙: 严格遵守《电气装置安装规则》(ПУЭ)的相关要求。
5. **Съемные секции:** люки для крановых работ и регламентного ТО.可拆卸分段设计: 预留检修口, 满足起重吊装作业及定期维护需求。
6. **Модульная заменяемость:** локальная замена полотна за 1-2 часа.模块化可更换设计: 支持局部网片更换, 目标更换时间为1-2小时。

Типовые сценарии применения / 典型基础设施应用效果



Подстанции/ ТЭС 变电站主变压器防护
Шатровое покрытие над трансформаторами и КРУЭ.



Резервуарные парки 储油罐区大跨度网罩
Купольное перекрытие над дыхательными клапанами.



Периметр объекта 厂区周界立式网墙
Высокий вертикальный барьер от брейющих FPV.

Три рекомендуемые конфигурации полотна / 三档推荐配置矩阵

Параметр / 参数	Конфиг. А · Точная / 配置 A	Конфиг. В · Универсальная/ 配置 B	Конфиг. С · Тяжёлая/ 配置 C
Целевые угрозы 主要防护目标	Малые FPV (3–8"), сбросы, квадрокоптеры 小型FPV、轻型穿越机、低空慢速目标	Дроны-камикадзе, общая защита объектов 巡飞弹/自杀机、固定设施通用防护	Тяжёлые БПЛА, большие пролёты 大载荷无人机、大跨度悬空屏障
Размер ячейки 网孔尺寸	40 × 40 мм (рыночный стандарт)	65 × 65 мм (рекомендуемый)	100 × 100 мм (тяжёлый стандарт)
Диаметр каната 钢丝绳直径	φ 2.5 мм	φ 3.0 – 4.0 мм	φ 4.0 – 6.0 мм
Конструкция каната 钢丝绳结构	7 × 7 (высокая эластичность)	7 × 7 или 7 × 19	7 × 19 (высокая разрывная сила)
Мин. разрывное усилие 单绳最小破断力	ок. 3.9 кН (φ2.5мм)	ок. 5.6 – 10.9 кН (φ3.0-4.0мм)	ок. 10.9 – 20.5 кН (φ4.0-6.0мм)
Материал 制造材质	AISI 316 / 316L (коррозионностойкая)	AISI 304 / AISI 316	AISI 304 / 316 / Оцинкованная сталь
Узлы соединения 节点连接件	Обжимные бесшовные феррулы / втулки	Феррулы из нержавеющей стали	Усиленные феррулы + тросовые зажимы
Ширина полотна 幅宽规格	1.0 – 4.0 м (длина по проекту)	2.0 – 4.0 м (длина по проекту)	3.0 – 6.0 м (длина по проекту)

Состав системы, узлы монтажа и типовые сценарии

系统组成部件、工程安装节点与实景应用

Параметр системы / 设计项	Рекомендуемое значение / 推荐值	Инженерное основание / 工程依据
Диаметр несущего троса 主支撑缆绳直径	φ 8 – 16 мм канат нерж./оцинкованный	На уровне несущих тросов систем противокамнепадной защиты SNS.
Безопасный разрыв до объекта 被保护设备安全距离	не менее 4 – 5 м	Требование литературы: необходимо для снижения давления ударной волны.
Превышение над оборудованием 网面高出设备间距	2.0 – 4.0 м	Запас на прогиб полотна при динамическом ударе без касания оборудования.
Рабочая температура 工作环境温度	от – 40 °C до +80 °C	Аустенитная сталь не охрупчивается при сибирских морозах (до –60 °C).

**Резервуары (РВС)**
储油罐区 360°防护

ЗОНА 1 · РВС

Круговой 3D-купол (2.5–4.5 м).
Предотвращает пробитие стенки кумулятивной струей.
立体网笼预留缓冲泄爆距, 彻底化解聚能穿透与超压.

**Кровля блока**
动力机组高空天网

ЗОНА 2 · ТЭЦ/ГРЭС

Вантовое перекрытие. Продуваемость >90%, стойкость к раскаленным осколкам.
大跨度悬索天网, 开孔率>90%不阻碍通风散热与排气.

**ОРУ Подстанция**
变电站与控制机房

ЗОНА 3 · ОРУ

Зазоры по ПУЭ. Заземление контура для отвода токов молний и статики.
电气绝缘净距合规, 金属网架防雷接地, 杜绝静电火花.

**Эстакады труб**
工艺管廊防突防

ЗОНА 4 · ТРАССЫ

Арочные экраны. Непрерывная защита от низколетящих дронов-камикадзе.
拱形模块化连续防护罩体, 阻截超低空自杀式无人机.

Часто задаваемые инженерные вопросы (FAQ) / 常见工程技术与选型问答(FAQ)

Q1. Какая ячейка обеспечивает гарантированный перехват малых дронов?

Q1. 网孔多大才能确保拦截小型FPV 穿越机?

Для малых FPV строго рекомендуется ячейка **40×40 мм**; для общей защиты подстанций - **65×65 мм**; для барьеров - 100 ×100 мм. Ячейка свыше 100 мм не рекомендуется из-за риска пропуска.

拦截小型FPV 强烈建议采用40 × 40 mm; 一般变电站采用65 × 65 mm; 严禁使用大于100 mm 的大孔径。

Q2. Какую массу и скорость БПЛА выдерживает система?

Q2. 系统能拦截多大起飞重量与飞行速度的无人机?

Способность зависит от параметров всей системы (канат, преднатяжение, стойки). Типовые конфигурации В/С уверенно перехватывают БПЛА массой 5–25 кг на скоростях 80–150 км/ч.

通用В/С 型方案可可靠拦截起飞重量5 – 25 kg、巡航速度80 – 150 km/h 的自杀式无人机。

Q3. Влияет ли сетка на охлаждение трансформаторов и изоляционные зазоры?

Q3. 会不会阻碍变压器散热与高压绝缘安全?

Сквозность полотна 85–95%: влияние на вентиляцию нулевое. Проектирование ведётся с обязательным соблюдением безопасных изоляционных расстояний до токоведущих частей.

网片透空率高达85% – 95%，散热零影响；严格依据电气规程保持安全净距，杜绝放电闪络。

Q4. Как ведёт себя система при сильных морозах (–40 ... –60 °C) и снегопадах?

Q4. 在俄罗斯极寒暴雪气候下是否会出现冷脆?

Нержавеющая сталь (AISI 304/316) не охрупчивается при температурах до –60 °C. Расчёт каркаса учитывает снеговые и ветровые нагрузки региона по СП/СНиП.

奥氏体不锈钢在-60℃下无冷脆转变，韧性优异；结构严格校核当地风压与雪荷载。

Q5. Как выполняется ремонт полотна при прямом попадании БПЛА?

Q5. 网片被直接撞击受损后如何维修?

Модульная конструкция: повреждённая секция демонтируется и заменяется новым полотном за 1–2 часа без разборки всей системы.

Рекомендуется запас 3–5 % полотен.

全模块化设计，受损网片通过卡扣单独拆换，1 – 2 小时即可完成单片修复，无需全网拆换。

Опросный лист для расчёта проекта

工程项目选型与设计配合确认表

Параметр опросного листа / 确认项	Описание требуемых данных / 需提供的数据与工况要求
1. Тип объекта и климат 设施类型与气候条件	Нефтебаза, НПЗ, ПС 110-500 кВ, ТЭС. Ветровой и снеговой район по нормам РФ. 油库/炼厂/变电站/电厂；标明所处地区极限低温、最大风压与覆冰雪荷载。
2. Зона защиты и габариты 防护区域尺寸与高度	Габариты защищаемого оборудования (Д×Ш×В), требуемая высота сетки над ним (≥2–4 м). 被保护设施三维尺寸、网面覆盖跨度及网体高出设备顶部净空距离。
3. Тип сетки и каната 选定网孔与材质配置	40 ×40 мм (FPV)/ 65 ×65 мм/ 100 ×100 мм; сталь AISI 316 (C5) или AISI 304. 推荐配置A (40mm密网) / 配置B (65mm通用) / 选用316 不锈钢材质。
4. Опоры и комплектность 安装结构与供货范围	Монтаж на существующие металлоконструкции или поставка стоек «под ключ». 利用旧现场原有钢构支架，或全套提供独立基础立柱、支撑主索、张拉五金总成。

Каждый проект уникален. Мы предлагаем гибкие индивидуальные решения для более точного проектирования систем защиты.

每个项目都有独特需求，我们提供灵活的定制化解决方案，助力实现更精准的防护设计。