PROTOLON (M)-R(SB) (N)TSCGEWOEU 6/10 (12) кВ испытание 17 кВ 5GM5+ 2×16ST

PROTOLON (M)-R(SB) (N)TSCGEWOEU 6/10 кВ — инженерный обзор гибридного кабеля для reeling и trailing

Для экскаваторов, shovels, draglines и другого крупного оборудования открытых горных работ.

Это не обычный барабанный кабель. Его задача — совместить высокую гибкость для reeling operation с повышенной стойкостью к волочению, истиранию и разрыву в trailing operation. Такая комбинация требует отдельной инженерной оценки оболочки, внутреннего reinforcement, control cores и режима перемещения машины.

По опыту **Feichun Cable**, ресурс этой конструкции определяется балансом: кабель должен быть достаточно гибким для барабана, но одновременно достаточно жестким и защищенным для волочения по грунту. Ошибка в любую сторону сокращает срок службы.

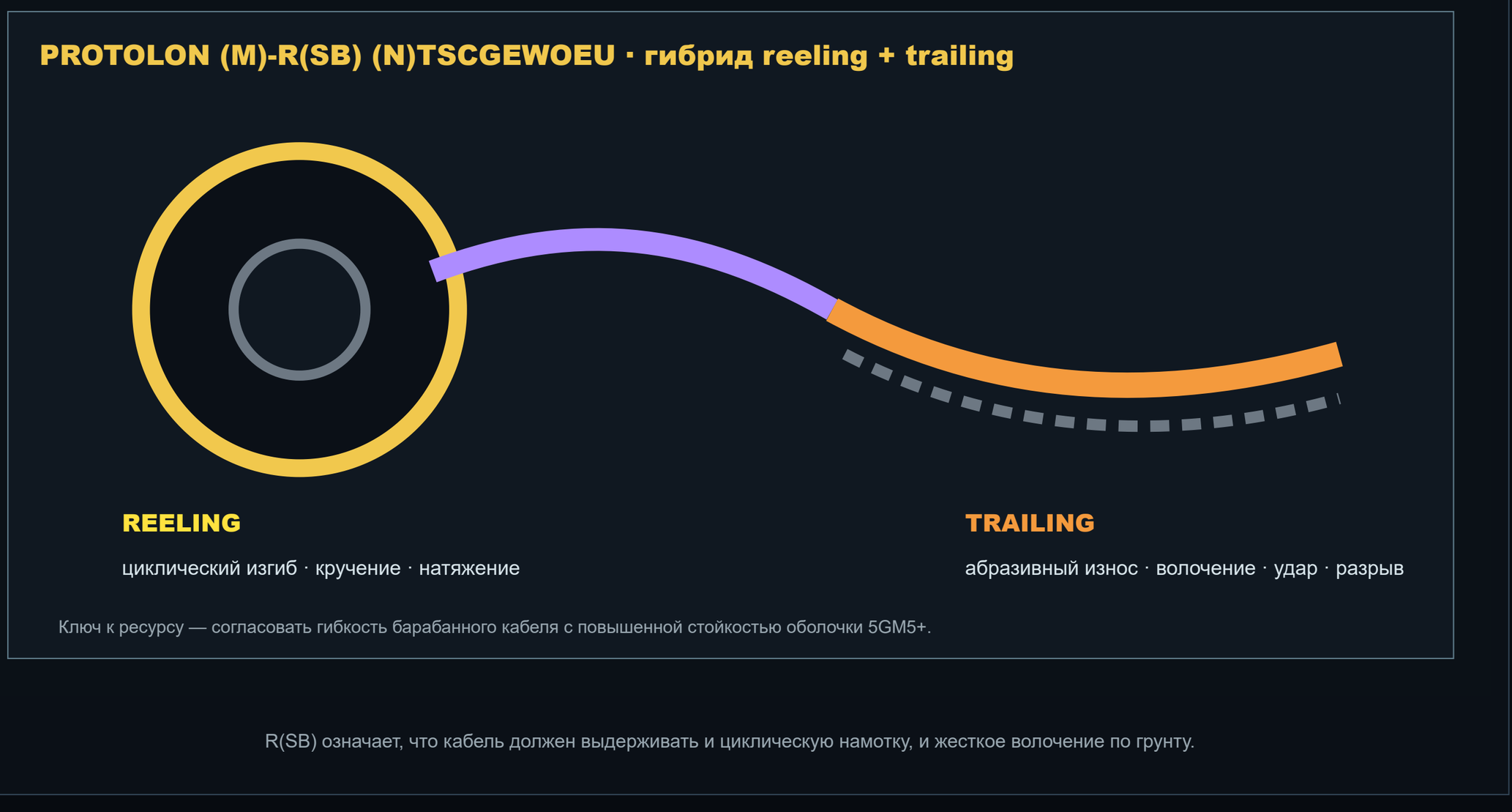
U0/U 6/10 (12) кВ номинальное напряжение 10 000 В испытание 17 кВ 20 Н/мм² статически 25 Н/мм² динамически до 120 м/мин

Рабочие режимы	Конструкции	Управление	Оболочка
2	**2**	**2×16ST**	**5GM5+**
reeling + trailing	120 и 150 мм²	две контрольные жилы	абразивная и tear resistance

Содержание

1. Гибридный режим
2. Конструкция
3. Control cores
4. Барабанная механика
5. Trailing wear
6. FMEA
7. Размеры
8. Расчеты
9. Приемка
10. Диагностика

1. Почему R(SB) требует отдельного design review



R(SB) означает, что кабель должен выдерживать и циклическую намотку, и жесткое волочение по грунту.

Ключевой вопрос: какая доля рабочего цикла приходится на намотку, а какая — на волочение? Без этого нельзя корректно оценить ни оболочку, ни частоту осмотров, ни ресурс control cores.

2. Конструкция и функциональные слои

M-R(SB) (N)TSCGEWOEU 6/10 кВ · PE + 2×16ST · open mesh tape · 5GM5+



Функциональная структура

① особо гибкие силовые жилы, класс FS

② semi-conductive EPR + EPR >3GI3

③ NBR easy-strip для termination

④ один PE-проводник в междужилье

⑤ две контрольные жилы 2×16ST

⑥ open mesh tape поверх скрутки

⑦ sandwich EPR/CR внутренняя оболочка

⑧ polyester braid + PCP >5GM5+

6/10 (12) кВ · испытание 17 кВ · 90 °C conductor

Особенность семейства — сочетание PE, двух control cores и усиленной механической оболочки.

Проводниковысокогибкая голая медь, класс FS

PEособо гибкая голая медь, отдельный earth conductor

Control coresдве контрольные жилы 2×16ST

Внутренний полупроводящий слойsemi-conductive EPR

ИзоляцияEPR, технический ориентир PROTOLON, смесь >3GI3

Наружный полупроводящий слойNBR easy-strip

Reinforcement over assemblyopen mesh tape

Внутренняя оболочкаspecial sandwich EPR/CR

Армированиеполиэфирная оплетка

Внешняя оболочкаPCP, усиленная смесь >5GM5+

3. Инженерная роль 2×16ST control cores

Функция

Контрольные жилы могут использоваться для цепей управления, сигнализации, блокировки или контроля состояния машины в зависимости от проекта.

Риск усталости

Малое сечение делает control cores чувствительными к повторному изгибу и локальному сжатию. Их отказ может произойти раньше силовых жил.

Диагностика

Рекомендуется фиксировать исходное сопротивление каждой контрольной жилы и отслеживать изменение после первых циклов.

Защита от помех

Назначение и схема подключения control cores должны учитывать соседство с силовыми жилами и требования системы управления.

4. Барабанная механика

Конструкция	Dmax	10×D радиус	Минимальный диаметр по оси	Масса
3X120+1X70+2x16ST	67,7 мм	677 мм	1354 мм	8,65 кг/м
3X150+1X95+2x16ST	73,6 мм	736 мм	1472 мм	10,5 кг/м

Важно: минимальный диаметр по оси — геометрический ориентир. Реальный барабан должен учитывать ускорение, натяжение, количество слоев, срок службы и давление между витками.

5. Trailing operation: износ, разрыв и удар

Абразивный износ

Осматривайте оболочку не только на глубину истирания, но и на локальные плоские зоны, которые указывают на постоянное трение об одну поверхность.

Разрыв и надрез

Острый камень или кромка может создать надрез, который затем раскрывается при тяге. 5GM5+ повышает стойкость, но не

Удар

Падение породы или наезд техники может повредить внутреннюю структуру без явного пробоя оболочки. После сильного удара нужен электрический контроль.

Грунт и вода

Стойкость к oil, ozone, UV и sea water полезна, но механическая среда все равно должна быть оценена отдельно.

отменяет трассировку кабельного пути.

6. FMEA гибридного кабеля

FMEA гибридного кабеля: четыре критические цепочки отказа

Абразивный износ
истончение 5GM5+
обнажение армирования

Малый радиус
усталость жил
повреждение control cores

Ударная тяга
сдвиг внутренней структуры
повреждение mesh tape

Обрыв control core
ложные сигналы
остановка машины

Диагностика должна связывать место внешнего повреждения с электрическим симптомом и режимом движения ма

Для trailing сначала оценивают оболочку и трассу волочения; для reeling — радиусы, натяжение, перекос и цикличность.

Если причина не устранена, новый кабель повторит тот же отказ.

FMEA показывает, что trailing и reeling создают разные первичные механизмы повреждения.

Износ оболочки

Причина: волочение по абразивному грунту.
Эффект: потеря толщины 5GM5+.
Контроль: карта износа и периодический замер.

Повреждение control core

Причина: повторный изгиб или удар.
Эффект: ложный сигнал или остановка.
Контроль: resistance trend и functional test.

Повреждение mesh tape

Причина: ударная тяга или локальное сжатие.
Эффект: потеря стабильности сборки.
Контроль: анализ деформации оболочки.

PD у termination

Причина: дефект EPR или stress control.
Эффект: пробой 10-кВ системы.
Контроль: разделка, чистота, испытание 17 кВ.

7. Стандарты и approvals

DIN VDE 0207-21

Материалы и смеси.

DIN VDE 0298-3

Механические параметры и радиусы.

DIN VDE 0250-813

Общая конструкционная база.

DIN VDE 0298-4

Электрические параметры и токовая нагрузка.

IEC 60811-404

Химическое поведение материалов.

IEC 60332-1-2

Нераспространение пламени.

8. Размеры и механическая геометрия

Конструкция	SAP	Внешний код	Проводник, мм	Dmin, мм	Dmax, мм	Масса, кг/км	Масса, кг/м	6×D	10×D	Мин. диаметр по оси
3X120+1X70+2x16ST	20342223	5DK4738	15,5	63,7	67,7	8 650	8,65	406,2	677	1354
3X150+1X95+2x16ST	20388149	5DK4***	17,4	69,6	73,6	10 500	10,5	441,6	736	1472

9. Электрические и механические расчеты

Расчет мощности использует cosφ = 0,9. Падение напряжения рассчитано по активному сопротивлению на 100 м. Для второй конструкции токовая нагрузка в исходных данных не указана, поэтому мощность, плотность тока и падение напряжения не рассчитывались.

Конструкция	Fстат, Н	Fдин, Н	C, нФ/км	L, мГн/км	R20, Ом/км	Ток, А	А/мм²	≈ МВА	≈ МВт	≈ ΔU/100 м
3X120+1X70+2x16ST	7 200	9 000	650	0,29	0,161	352	2,93	6,1	5,49	0,1%
3X150+1X95+2x16ST	9 000	11 250	690	0,28	0,129	не указано	не рассчитывается	не рассчитывается	не рассчитывается	не рассчитывается

10. Зарядный ток и реактивная мощность

Ic = 2πfCU0
Qc ≈ √3 × U × Ic
f = 50 Гц
U0 = 6 кВ
U = 10 кВ

Конструкция	C, нФ/км	Ic, А/км	Qc, квар/км	Условие
3X120+1X70+2x16ST	650	1,225	21,2	50 Гц, U0 = 6 кВ
3X150+1X95+2x16ST	690	1,301	22,5	50 Гц, U0 = 6 кВ

11. Проверка тяги

Fстат = 20 Н/мм² × 3 × S
Fдин = 25 Н/мм² × 3 × S
Rфикс = 6 × D
Rподв = 10 × D
испытательное напряжение = 17 кВ

Конструкция	Сечение	Расчет Fстат	Табличное значение	Fдин	Статус
3X120+1X70+2x16ST	120 мм²	7 200 Н	7 200 Н	9 000 Н	соответствует
3X150+1X95+2x16ST	150 мм²	9 000 Н	9 000 Н	11 250 Н	соответствует

12. Быстрый инженерный выбор

Конструкция	Ток	≈ активная мощность	Дополнительные жилы	Dmax	Предварительное применение
3X120+1X70+2x16ST	352	5,49	1×PE + 2×16ST	67,7 мм	крупный привод экскаватора, shovel или dragline при подтвержденной тепловой модели
3X150+1X95+2x16ST	не указано	не рассчитывается	1×PE + 2×16ST	73,6 мм	применение определяется после получения подтвержденной токовой нагрузки

13. Заводская и объектовая приемка

- Проверка маркировки, SAP-кода, external code, длины и барабана.
- Протокол испытания 17 кВ и электрических измерений.
- Измерение R20 силовых жил, PE и обеих control cores.
- Проверка целостности open mesh tape и sandwich EPR/CR по производственным документам.
- Проверка толщины и состояния внешней оболочки 5GM5+.
- Проверка барабана, роликов, радиусов, скорости и настройки натяжения.
- Функциональная проверка цепей, использующих 2×16ST.

14. Эксплуатационная диагностика

Повторный износ в одной зоне: изменить трассу trailing path или убрать абразивную точку контакта.

Обрыв control core: сопоставить место отказа с роликом, изгибом или зоной удара.

Рост сопротивления PE: проверить локальное повреждение earth conductor после волочения или намотки.

PD у termination: проверить разделку EPR, stress control, чистоту и strain relief.

Деформация оболочки без пробоя: проверить внутренний reinforcement и состояние mesh tape.

15. Инженерные ограничения

В исходных данных не указана current carrying capacity для 3X150+1X95+2x16ST. Она намеренно не была восстановлена или оценена. До получения подтвержденного значения нельзя рассчитывать мощность, плотность тока, тепловую нагрузку или падение напряжения для этой позиции.

Feichun Cable — инженерный подбор кабелей 6/10 кВ для reeling и trailing

Телефон:
+86 13855123218

Техническая почта:
Tech@feichuncables.com

Feichun Cable не аффилирован с владельцами обозначений PROTOLON или PROTOFIRM. Названия используются как технические перекрестные обозначения из предоставленной спецификации. Конкретная поставка подтверждается документами партии.