



# Накопитель кинетической энергии НКЭ-3Г

для эффективного использования  
рекуперированной энергии  
электрифицированного транспорта

# ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ГОРОДСКОМ ТРАНСПОРТЕ И ЕЕ РЕШЕНИЕ

## ПРОБЛЕМА

Малое использование рекуперируемой энергии на городском транспорте

Троллейбус и трамвай могут рекуперировать энергию. Но практически вся рекуперируемая энергия электрифицированного транспорта «сжигается» на тормозных резисторах и повторно не используется. Резкие изменения напряжения в сети. Недостаток сетевой мощности на отдельных участках движения.

## РЕШЕНИЕ

Применение маховичных накопителей позволит эффективно использовать рекуперируемую энергию

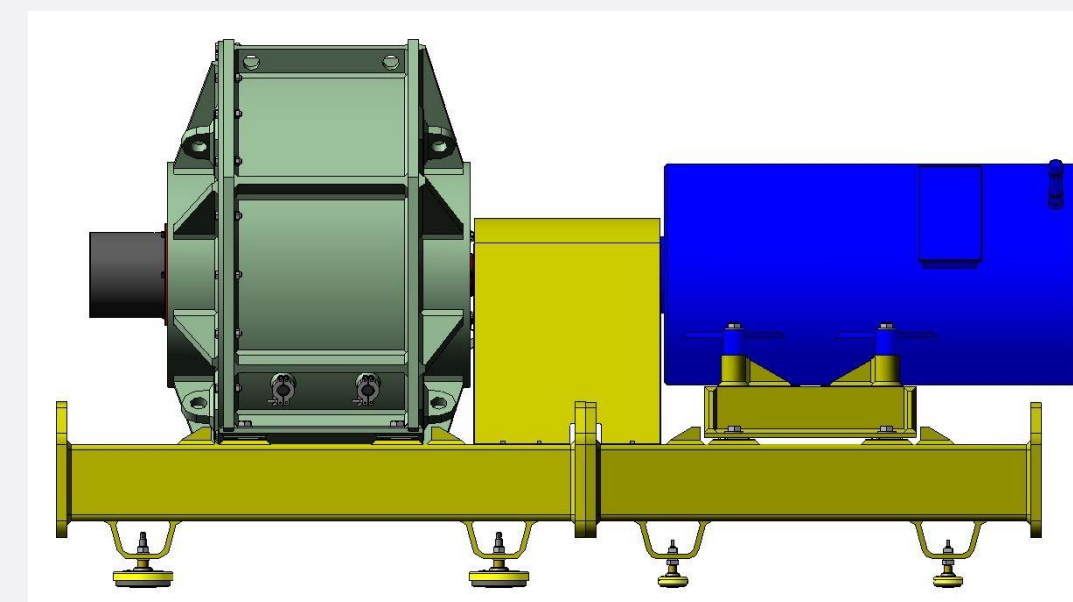
Режим быстрого запасаения рекуперируемой электроподвижным составом энергии с последующей быстрой отдачей, для применения на городском электрифицированном транспорте (трамвай, троллейбус, метро). Сглаживание колебаний напряжения в сети. Работа в качестве параллельного генератора.

# КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ НКЭ

Электрическая энергия рекуперации вагона подается на мотор-генератор накопителя, раскручивающий «высокоэнергетичный маховик», который имеет энергоёмкость до 8 МДж (~2 кВт\*час) энергии.

Накопитель энергии комплектуется блоком управления.

При росте потребления сетевой мощности мотор-генератор преобразует накопленную кинетическую энергию обратно в электрический ток и выдает в контактную сеть.



# Накопитель энергии



**Контейнер с накопителем энергии**

# Силовая схема



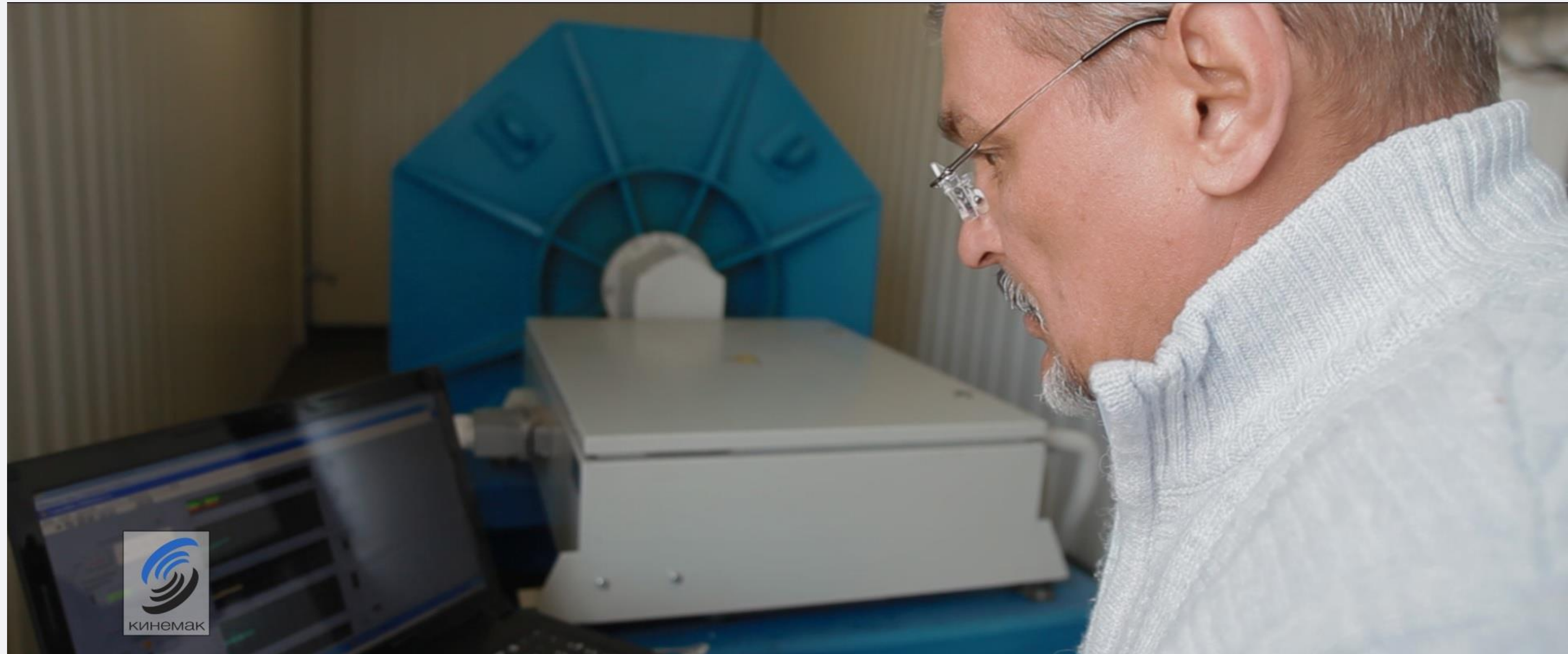
# Технические характеристики накопителя НКЭ-3Г

Параметр	Значение
Энергоёмкость, МДж (кВт*час)	7,2 (2)
Мощность, кВт	180
Напряжение контактной сети, В	400-1000
Режим работы	S2-S8
Масса с контейнером брутто, кг, не более	7000
Габариты контейнера, м	6*2,6*2,4
Тип управления	автоматическое
Мощность для собственных нужд, кВт	<2
Напряжение собственных нужд, В	~220/=24
Система удалённого контроля и управления	2 независимых канала связи GSM

# Система дистанционного управления (два независимых канала GSM)



# Настройка параметров накопителя





# Техническое обслуживание

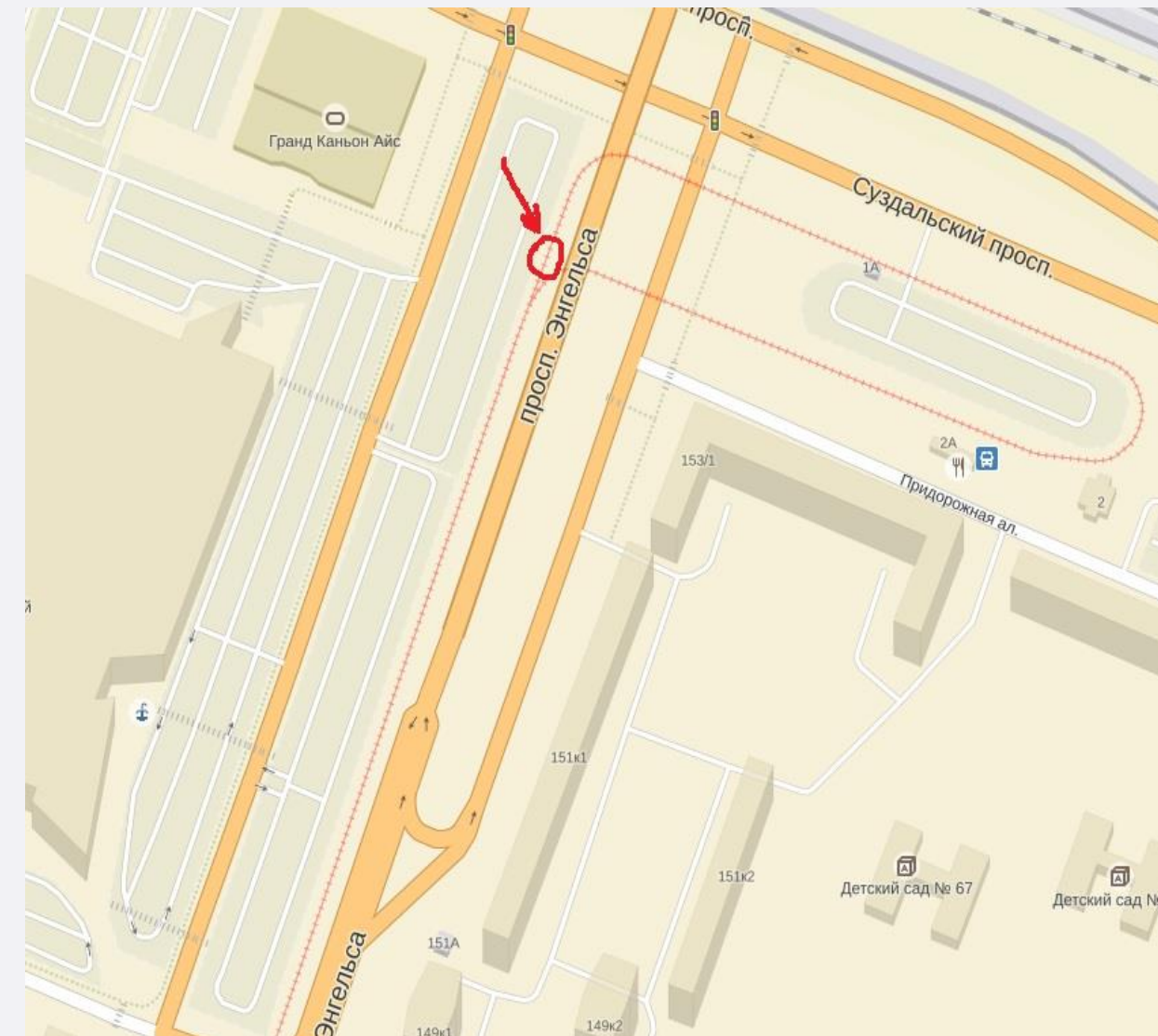
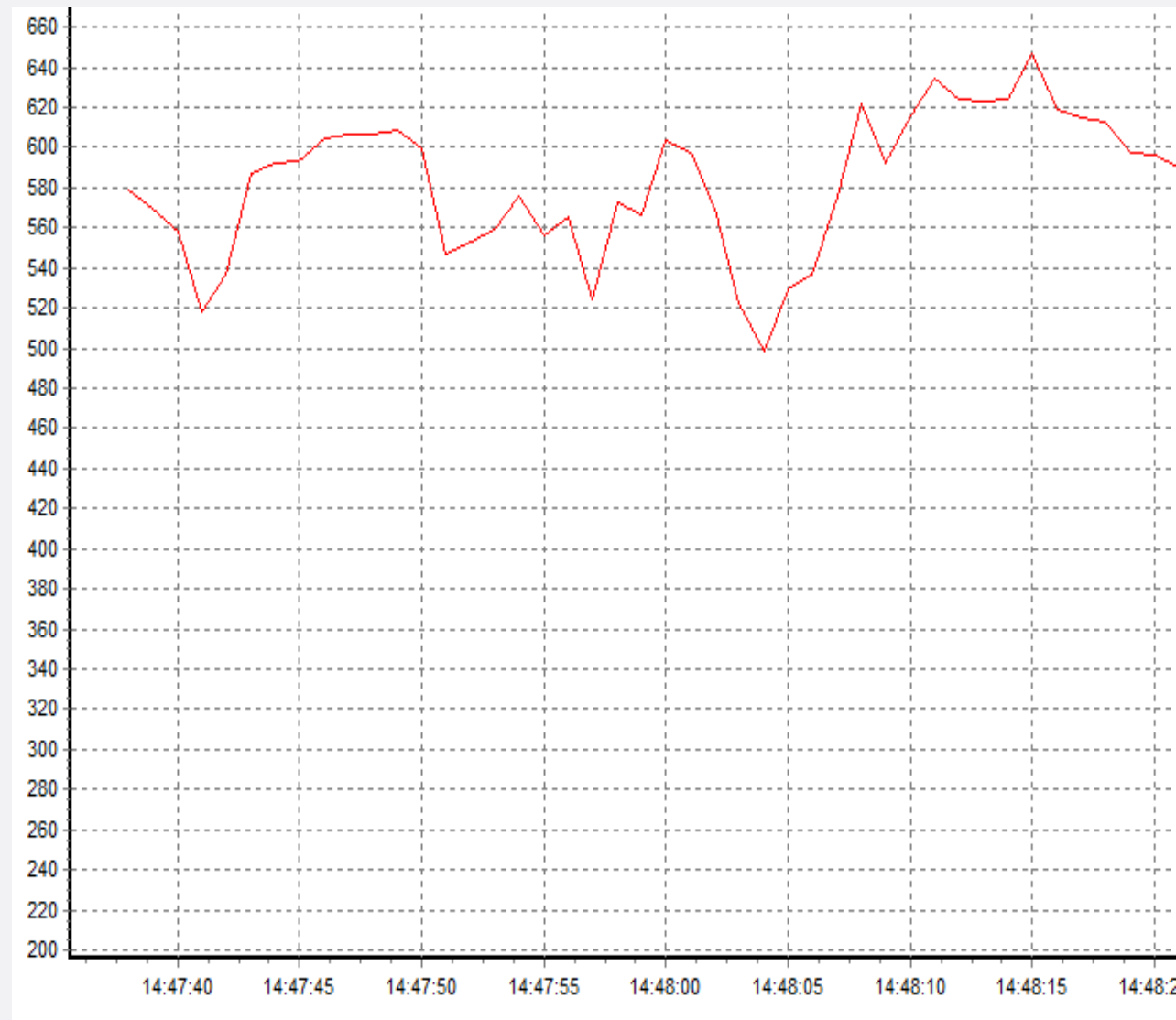
- Накопитель энергии НКЭ-3Г имеет проектный срок службы 20 лет. Гарантия производителя – 2 года.
- Капитальный ремонт накопителя производится на месте его размещения один раз в четыре года силами предприятия-изготовителя.
- Текущее техобслуживание производится силами персонала депо или ремонтных бригад эксплуатирующей организации и не требует его переподготовки.
- Выбор и подготовка места установки производится Заказчиком по согласованию с Поставщиком.
- Подсоединение НКЭ-3Г к контактной сети осуществляются силами ремонтной бригады Заказчика с участием Поставщика.
- Имеется система дистанционного диспетчерского контроля основных параметров оборудования с двумя независимыми каналами связи, которая содержит функцию удалённого включения/отключения установки.

# Выбор места установки накопителя



Подбор места установки накопителя НКЭ-3Г при помощи прибора мониторинга контактной сети (ПМКС-01). (г. СПб).

# Анализ результатов мониторинга контактной сети



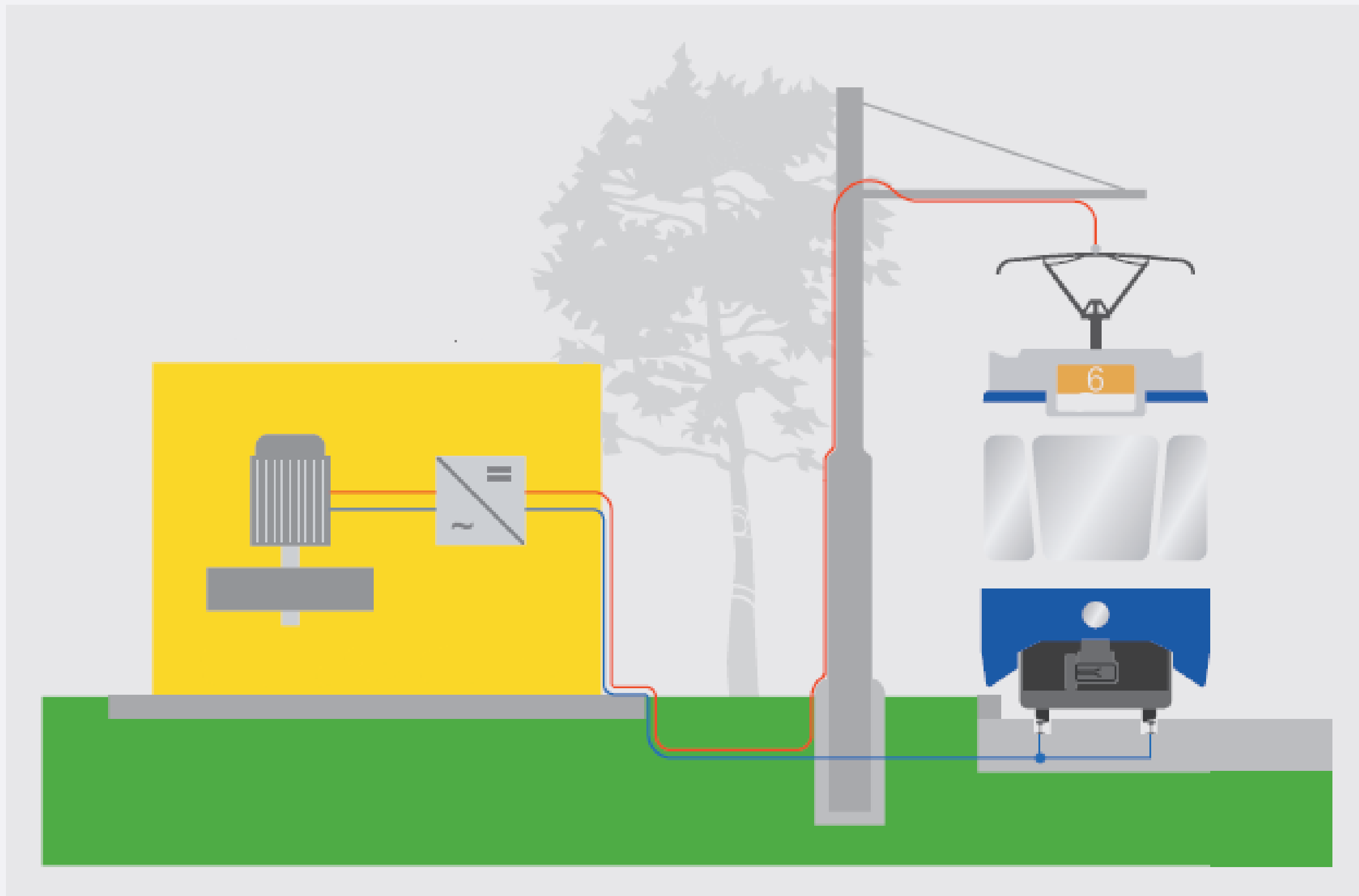
Выбор места установки НКЭ-3Г в г. Санкт-Петербурге по результатам мониторинга КС с использованием прибора ПМКС-01.

# Условия эффективного применения НКЭ-3Г

Для получения максимального экономического эффекта от применения накопителя энергии НКЭ-3Г рекомендуется выполнение в месте его установки следующих условий:

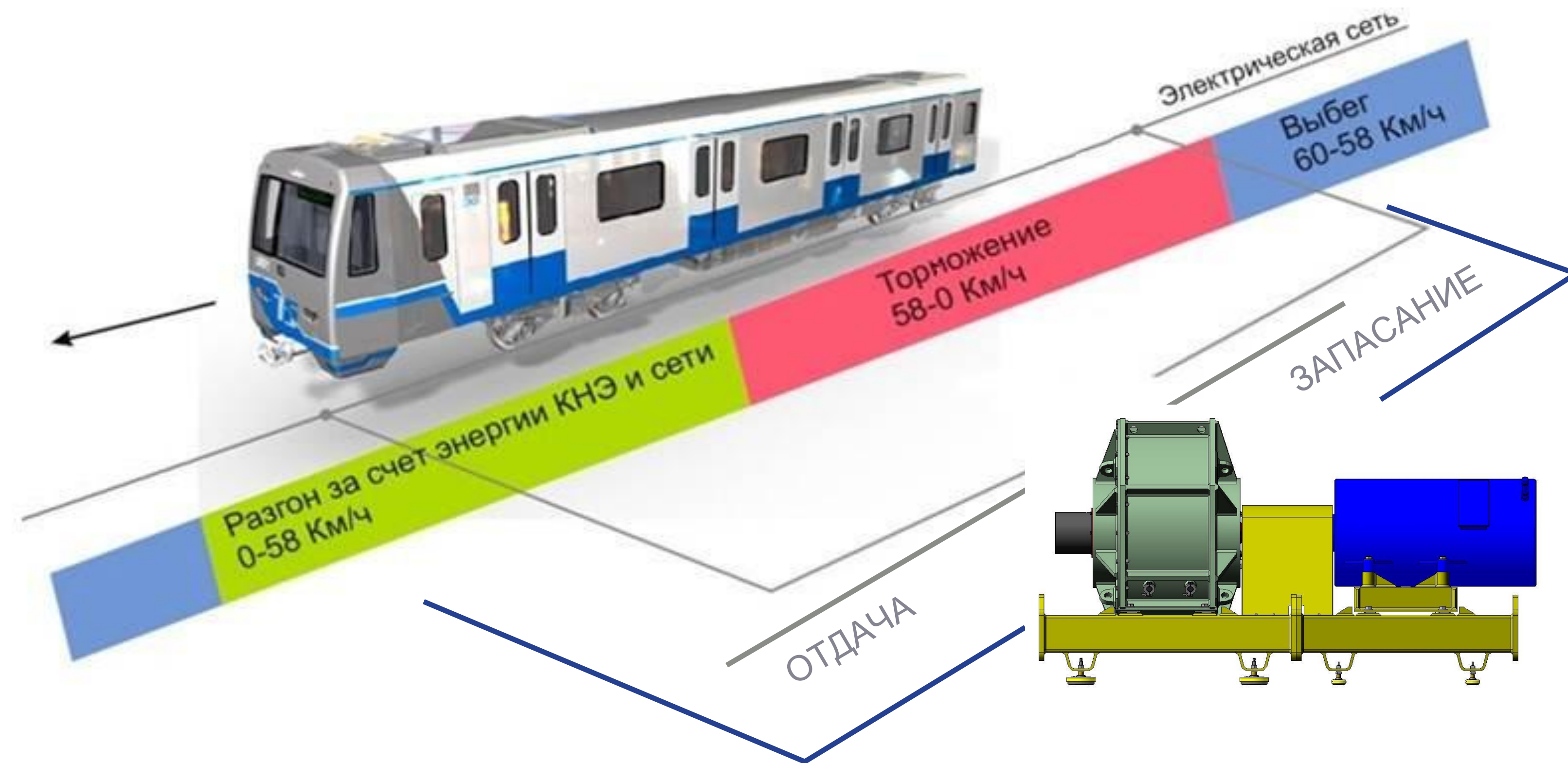
- высокая плотность движения электротранспорта;
- подвижной состав в значительной мере должен иметь транзистроно-инверторное управление тягой (ТИСУ) с возможностью выдачи энергии рекуперации в сеть;
- размещение накопителя производить на участках контактной сети, не имеющих чрезмерного запаса мощности от тяговой подстанции;
- дополнительное преимущество – пересечённый рельеф на участке контактной сети;
- наличие подходящей ровной площадки для размещения накопителя вблизи контактной сети.

# ПОДКЛЮЧЕНИЕ СТАЦИОНАРНОГО НКЭ К КОНТАКТНОЙ СЕТИ



\* соединение может быть как напрямую с участком контактной сети, так и на подстанции.

# РЕЖИМ РЕКУПЕРАЦИИ



# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НКЭ

- снижение платы энергоснабжающим организациям за потребляемую пиковую мощность
- снижение потребления электроэнергии на тягу
- стабилизация напряжения в контактной сети
- повышение эксплуатационного ресурса оборудования подвижного состава и тяговых подстанций городского электротранспорта
- унифицированное оборудование с трамвайно-троллейбусным парком
- улучшение финансового положения ГЭТ



# ПРИМЕНЕНИЕ НКЭ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ ТРОЛЛЕЙБУСА/ТРАМВАЯ



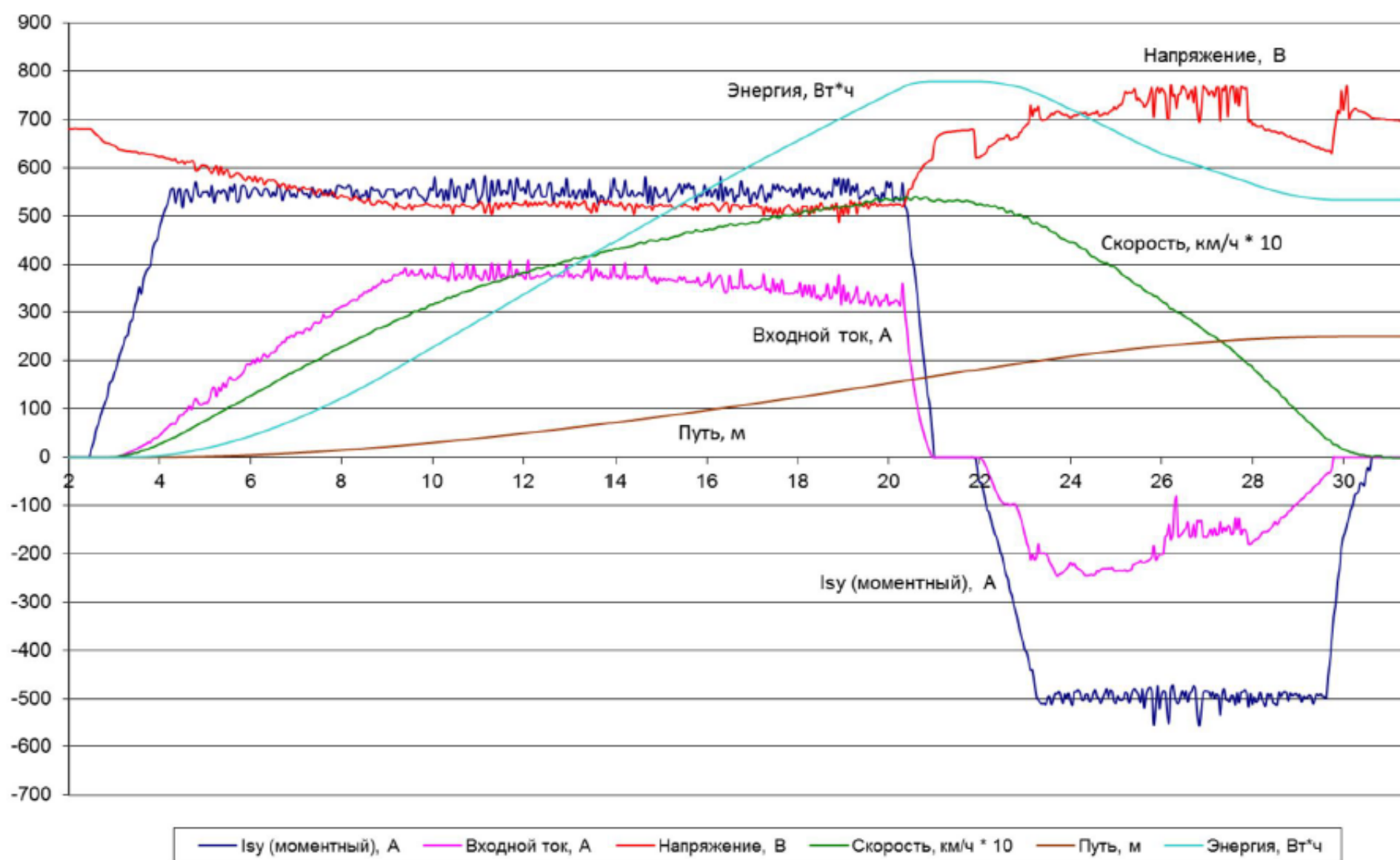
Сейчас рекуперируемая энергия торможения повторно в сети практически не используется. С применением НКЭ она может полностью направляться на разгон вагона.



# УСЛОВИЯ РАСЧЕТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКУПЕРАЦИИ

Осциллограммы опыта разгона до скорости 50 км/ч и торможения \*

Разгон до 50 км/ч и торможение  
Среднее ускорение 0,92 м/с<sup>2</sup>, среднее замедление 1,69 м/с<sup>2</sup>, тормозной путь 70м



Эффективность буферного накопления и отдачи энергии зависит от частоты циклов рекуперативного торможения электротранспорта на участке контактной сети.

Вагон может рекуперировать и отдавать в сеть до 40-ка процентов потреблённой на тягу энергии.

\* Осциллограмма напряжения и токов рекуперации на троллейбусе (испытания в г. Волгограде)

# РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА УЧАСТОК КОНТАКТНОЙ СЕТИ С НКЭ

Выдача запасенной в НКЭ энергии для разгона 1 троллейбуса/трамвая  
~1,8 МДж ≈ **0,5 кВт\*час**

Срок окупаемости НКЭ ~3 лет

За 20 часов на участке КС фиксируется >2500 и более остановов-разгонов ЭПС (пиков и просадок напряжения в КС)

Общий объем рекуперируемой электроэнергии в сутки, выданной на разгон ЭПС: ~1500 кВт\*час.  
Компенсация мощности ~ 0,2 МВт в мес.

Стоимость сэкономленной электроэнергии из расчета 4,8 рубля за 1 кВт\*час составляет 216 000 рублей в мес.  
Экономия по плате за мощность составляет ~ 80 000 руб./мес.

Общая экономия (по электроэнергии и мощности) в год с одного НКЭ составляет **> 3,5 млн. руб.**

Срок службы НКЭ – 20 лет.

# Сертификация

- Получена Декларация о соответствии Таможенного Союза.
- Изделие НКЭ-3Г соответствует требованиям ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» и ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».
- Регистрационный номер Декларации о соответствии: ТС № RU Д- RU.МЛ66.В.00606 от 02.09.2016 в Федеральной государственной информационной системе Росаккредитации.

**Eurasian Conformity Declaration**

**ТАМОЖЕННЫЙ СОЮЗ  
ДЕКЛАРАЦИЯ О СООТВЕТСТВИИ**

**Заявитель** Общество с ограниченной ответственностью «Кинемак».  
Основной государственный регистрационный номер: 1107746218689.  
Место нахождения: 109052, Российская Федерация, город Москва, Нижегородская улица, дом 70, корпус 2  
Фактический адрес: 109052, Российская Федерация, город Москва, Нижегородская улица, дом 70, корпус 2  
Телефон: 74959699816, факс: 74959699816, адрес электронной почты: proton@kinemak.ru  
в лице Генерального директора Кацай Александра Владимировича

**заявляет, что**  
Накопитель кинетической энергии серии НКЭ-3Г  
Продукция изготовлена в соответствии с ТУ 3430-002-65350917-2016  
**изготовитель** Общество с ограниченной ответственностью «Кинемак».  
Место нахождения: 109052, Российская Федерация, город Москва, Нижегородская улица, дом 70, корпус 2  
Фактический адрес: 109052, Российская Федерация, город Москва, Нижегородская улица, дом 70, корпус 2

код ТН ВЭД ТС 8502.40.000.0  
Серийный выпуск  
**соответствует требованиям**  
ТР ТС 004/2011 "О безопасности низковольтного оборудования"; ТР ТС 020/2011 "Электромагнитная совместимость технических средств"

**Декларация о соответствии принята на основании**  
протокола испытаний № 117-09/10-КТ от 02.09.2016 года, выданного испытательной лабораторией «Контрольтест»  
Общества с ограниченной ответственностью «НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР»,  
регистрационный № РОСС RU.04ИДЮ0.001, действителен до 11.04.2021 года

**Дополнительная информация**  
Условия хранения продукции в соответствии с требованиями ГОСТ 15150-69. Срок хранения (службы, годности) указан в прилагаемой к продукции эксплуатационной документации

**Декларация о соответствии действительна с даты регистрации по 01.09.2021 включительно.**

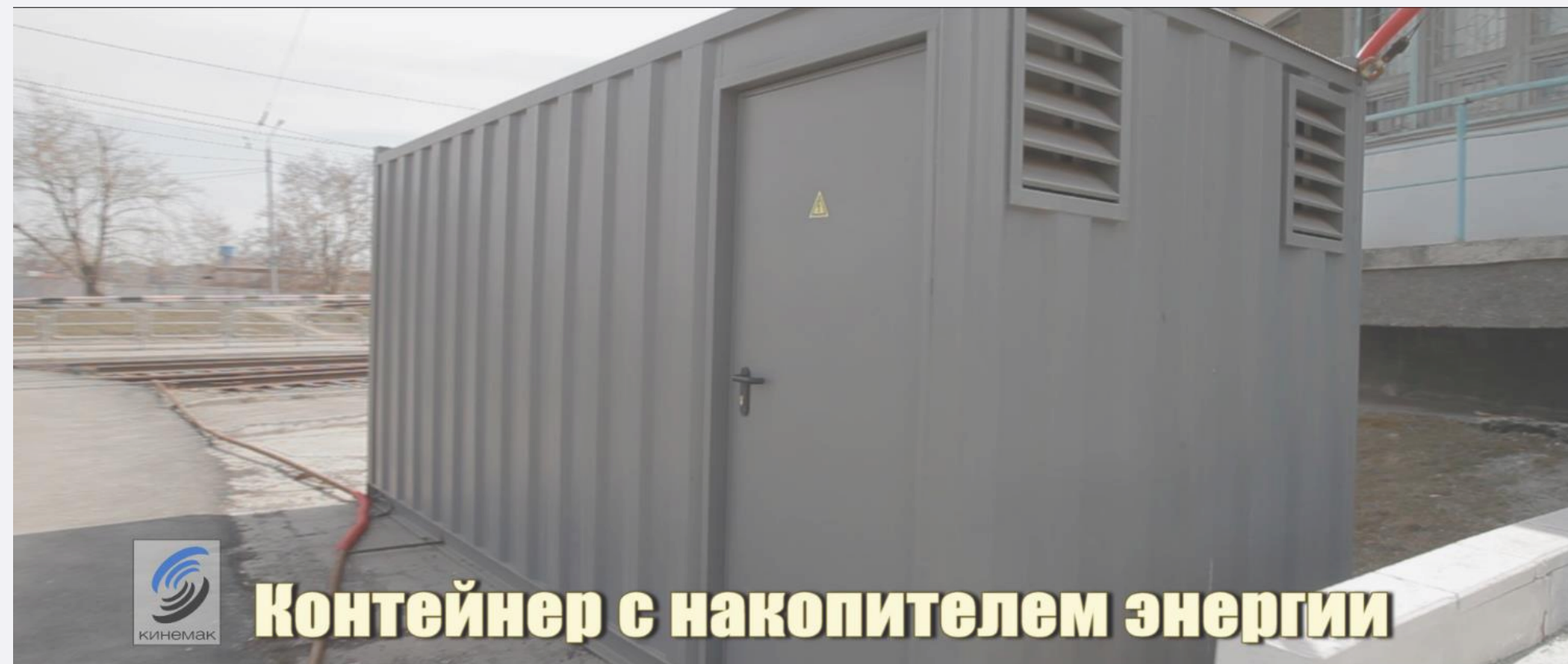
   
А.В. Кацай  
(инициалы и фамилия руководителя организации-разработчика или физического лица, зарегистрированного в качестве индивидуального предпринимателя)

**Сведения о регистрации декларации о соответствии:**  
Регистрационный номер декларации о соответствии: ТС № RU Д- RU.МЛ66.В.00606  
Дата регистрации декларации о соответствии 02.09.2016

КИНЕМАК

[WWW.KINEMAK.RU](http://WWW.KINEMAK.RU)

# ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ НКЭ-ЗГ В СИСТЕМЕ ТЯГОВОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ МУП «ЧелябГЭТ»



Видеоролик об испытаниях НКЭ-ЗГ  
в МУП «ЧелябГЭТ» (г. Челябинск)  
<https://www.youtube.com/watch?v=x2yZ73QQou0>

# ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ

систем городского  
электрифицированного транспорта  
на примере города Челябинска



# Состояние систем городского электротранспорта (на примере г. Челябинска)

В Челябинске система электротранспорта включает 300 трамваев (на линии 120-130) и 264 троллейбуса (на линии 120-130). Небольшая часть парка модернизирована (в основном – трамваи).

По состоянию на март 2014 год изношенность парка троллейбусов составляет более 85%, трамваев – более 87%.

Протяженность трамвайной контактной сети в 2012 г. составила 68,7 км, троллейбусной - 88,2 км.

Ежемесячная плата за электроэнергию и мощность ЧелГЭТ составляет более 23 млн. руб. из которых чистые затраты на тягу составляют >20 млн. рублей. При этом проезд в трамвае вырос в этом году с 15 до 20 руб., себестоимость проезда превышает 20 руб. В 2013 г. в городе было >29 млн. поездок в трамвае-троллейбусе.

Всего в России более 80-ти городов с действующими системами городского электрифицированного транспорта.

# Проект комплексной модернизации систем тягового энергоснабжения и ЭПС

## Для Систем тягового энергоснабжения предлагается:

- установка буферных накопителей энергии НКЭ-3Г (5 шт.)

## Для электроподвижного состава (ЭПС) предлагается:

- установка инверторных систем управления тяговыми двигателями (42 шт.)

Стоимость программы: 83,3 млн. руб.

Срок окупаемости: менее 3-х лет.

Экономия за 20 лет: 1 372 млн. руб.

# Энергопотребление ЭПС

Система	Доля в общем энергопотреблении, %	Потенциал энергосбережения, %
Тяговые двигатели	85%	до 10-15% от тяги
Освещение	4%	<1% от тяги
Отопление	3%	<1% от тяги
Вентиляция	3%	<1% от тяги
Рекуперация	сейчас не используется	до 35% от тяги

Новейшие достижения в электротехнике позволяют обеспечить значительную (до 50-ти процентов от имеющегося уровня) экономию затрат на электроэнергию и мощность на тягу. Это создаст условия для безубыточной работы горэлектротранспорта, повышения надежности оплаты за энергию.



# Достигаемый экономический эффект

За счёт проведения предлагаемых мероприятий планируется достичь экономии затрат на потребление электроэнергии и мощности на тягу ~30% от существующего уровня. В денежном эквиваленте это составляет порядка 2,6 млн. рублей в месяц (по ценам на конец 2016 г.).

Даже без учёта ежегодного роста тарифов на электроэнергию и платы за мощность срок окупаемости проекта составит менее 3 лет.

# Косвенные эффекты проекта

Реализация проекта помимо основного результата по повышению энергоэффективности на электрифицированном транспорте приведёт к позитивным изменениям следующего характера:

- взрывообразный рост производства силовой электроники в России

- рост производства механических буферных накопителей энергии

- рост производства современных эффективных тяговых электродвигателей

- снижение давления к росту тарифов на проезд на городском транспорте

- повышение комфортности электроподвижного состава

- улучшение ситуации с движением в крупных городах за счёт увеличения роли общественного транспорта

- снижение экологических проблем городов

- Появление у энергосбытов дополнительной мощности для развития регионального бизнеса, рост надёжности и ритмичности по оплате за потреблённую энергию, рост потребления энергии при расширении маршрутного движения электротранспорта.

# ВЫВОДЫ

1. Испытания в МУП «ЧелябГЭТ» (г. Челябинск) показали успешную работу стационарного НКЭ в режиме запасания-выдачи энергии рекуперации ЭПС.
2. Экономия энергии прямо пропорциональна интенсивности движения на участке КС с НКЭ . На оживленных участках КС в сутки происходит ~2500 и более остановов-разгонов вагонов.
3. Предварительный расчет показывает окупаемость НКЭ в течение менее 3-х лет.
4. Накопитель позволяет использовать более 80% рекуперируемой подвижным составом энергии.
5. Стационарный НКЭ может работать с трамваями, с троллейбусами, метропоездами и электричками.
6. Срок службы НКЭ составляет 20 лет.
7. Для внедрения может быть реализован энергосервисный контракт.

## ВЫГОДЫ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НКЭ

Применение стационарных маховичных накопителей позволит обеспечить:

- существенную экономию потребления энергии, затрачиваемой на тягу троллейбуса/трамвая, за счет полного использования рекуперации
- компенсацию (снижение) потребляемой сетевой мощности
- стабилизацию напряжения в контактной сети
- увеличение ресурса оборудования тяговых подстанций и ЭПС
- снижение затрат на модернизацию действующих и строительство новых подстанций
- как следствие этого - существенное улучшение финансового положения МУП ГЭТ и снижение бюджетных затрат на содержание и развитие предприятия городского транспорта
- снижение тепловой нагрузки на окружающую среду.

**Применение НКЭ также положительно скажется на качестве работы городской энергосистемы в целом.**



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

Компания «Кинемак»  
Генеральный директор:  
Александр Кацай  
Тел.: 8(495) 969-98-16  
E-mail: [proton@kinemak.ru](mailto:proton@kinemak.ru)  
Web: [www.kinemak.ru](http://www.kinemak.ru)