Судьба трамвая на фоне 6-го технологического уклада

Ведущие страны планеты перестраивают свою экономику для перехода в 6-й технологический уклад. Кто придёт первым, тот займёт лидирующее и монопольное положение в мире минимум на 40-60 лет. Что такое технологические уклады, достаточно подробно можно почитать в Интернете. Ниже приводится таблица, в которой кратко отмечены основные параметры технологических укладов (далее – ТУ).

По различным оценкам доли ТУ в РФ распределяются в следующих пропорциях:

5-й уклад – 10%, 4-й уклад – 50 %, 3-й уклад – 33%;

В США, примерно: 6-й уклад – 5%; 5-й уклад – 60%; 4-й уклад – 20%; 3-й уклад – 15%.

Рассматривать технологические уклады (таблица №1) без взаимодействия с экономическими формациями развития общества (политэкономия) не совсем корректно, но в рамках данной статьи прибегнем к такому условному допущению.

В данной статье технологические уклады рассматривается с точки зрения места трамвайного транспорта в экономике городов и стран как важнейшего элемента городского пассажирского транспорта. Основные элементы ТУ, отражающие развитие транспорта, приведены в таблице №2.

Строительство трамвайных систем, как и метрополитенов, относиться к третьему технологическому укладу. Изобретение ДВС в четвёртом ТУ породило рост автомобилестроения, появление автобусов для сектора общественного транспорта и бурный рост автомобилизации. Данная тенденция послужила причиной резкого снижения пассажироперевозок трамвайными и троллейбусными системами, привела к сокращению и ликвидации значительной части этих систем. Если сравнивать развитие городского пассажирского транспорта на территории стран бывшего СССР и западных стран, то можно наблюдать сдвиг по времени, обусловленный несколькими факторами, в том числе, значительным отставанием СССР по элементам технологических укладов от западных экономик. Фаза сокращения трамвайных и троллейбусных маршрутов в РФ началась значительно позже, с середины 90-х годов прошлого столетия. Падение объёма пассажирских перевозок достигает (по разным городам) от 200% до 1000%, в семи городах трамвайные системы закрыты полностью. Остальные трамвайно-троллейбусные системы имеют 100% износ инфраструктуры (за исключением трёх городов). Колоссальная по объёму амортизация была «съедена» инфляцией и истрачена на пополнение оборотных средств. Реконструкция трамвайно-троллейбусной сети требует больших капитальных затрат, в среднем около 60 млн руб. на один км одиночного пути, без стоимости закупки подвижного состава. За редким исключением собственники систем (муниципальные образования) на сегодняшний день не в состоянии самостоятельно финансировать модернизацию сети.

Таблица № 1. Технологические уклады

ТУ, период, гг	Основной ресурс	Главная отрасль	Ключевой фактор	Достижение уклада	Гуманитарные преимущества
1. 1770-1830	Энергия воды	Текстильная промышленность	Текстильное машиностроение	Механизация фабричного производства	Увеличение товаров потребления, с уменьшением их стоимости.
2. 1830-1880	Энергия пара, уголь	Транспорт, черная металлургия	Паровой двигатель, паровой привод станков	Развитие транспорта, рост масштабного производства	Постепенное освобождение человека от тяжелого ручного труда
3. 1880-1930	Электричество	Тяжелое машиностроение, электротехническая промышленность	Электродвигатель, цемент	Концентрация капитала, радиосвязь, телеграф, стандартизация производства	Повышение качества жизни
4. 1930-1970	Нефть, углеводороды	Автомобилестроение, нефтепереработка, синтетические полимерные материалы, цветная металлургия	ДВС, нефтехимия	Массовое и серийное производство	Развитие связи и коммуникаций, телевидение, рост продуктов народного потребления
5. 1970-2035	Атомная энергетика	Электроника, информационные технологии, генная инженерия, программное обеспечение, тонкая химия	Микроэлектронные компоненты – чип, и пластики.	Индивидуализация производства и потребления	Глобализация, скорость связи, перемещения и рост производства информации.
6. 2035-...	Термоядерный синтез	НБИК (NBIC) – нано-, био-, информационные и когнитивные технологии	Нано- и микроэлементы, 3-D принтер	Новые возможности в медицине и т.п.	Образование сетевого социума, когнитивное производство, новый уровень управления.

Таблица № 2. Транспорт с точки зрения технологических укладов

ТУ	Основной ресурс	Движитель	Материал	Информация	Воздушный транспорт	Пассажирский транспорт	Тенденции
1.	Энергия воды	Приводы от воды, парус, мускульная сила	Дерево	Пресса	Монгольфьеры	На конной тяге	Ограниченные перевозки
2.	Энергия пара, уголь	Паровой двигатель, паровые приводы	Чугун	Телеграф	Дирижабль	Конка, паровозный транспорт, пароходы	Развитие рельсового транспорта
3.	Электричество	Электродвигатель	Сплавы	Телефон	Поршневая авиация	Трамвай, метро	Резкое развитие трамвайных систем
4.	Нефть, углеводороды	ДВС	Пластмассы	Телевидение	Реактивная авиация и ракеты	Автобусы, троллейбусы	Рост троллейбусных и трамвайных перевозок
5.	Атомная	нет	Микроэлектронные компоненты – чип, пластик.	Интернет, сотовая связь	нет	нет	Сокращение трамвайных и троллейбусных перевозок
6.	Термоядерный синтез	Нет данных	Нано- и микроэлектронные компоненты	Квантовый компьютер, искусственный интеллект	Нет данных	Нет данных	Фаза ренессанса общественного транспорта и трамвайных перевозок

Варианты модернизации сети на основе ГЧП и концессионных соглашений предлагаются рядом компаний. Что же готовы выполнить концессионеры в случае подписания договора? Первое – полный капитальный ремонт всех элементов системы (ВСП, энергохозяйство, остановки, системы СЦБ и связи, здания и сооружения) с использованием самых современных технологий. Второе – полная замена подвижного состава на низкопольные, комфортные вагоны. Третье – строительство новых линий и маршрутов.

Таким образом, собственник (муниципалитет) получает современную трамвайную систему, обустроенную на уровне мировых стандартов, минимизирует собственные затраты. Жители города получают удобный, безопасный и комфортный транспорт. На первый взгляд, любой город должен приветствовать такие предложения от концессионеров и инвесторов. Однако отсутствие поддержки со стороны местных администраций является основной проблемой. Удивительно, но известны случаи активного противодействия концессионным предложениям со стороны региональных и муниципальных властей.

Энергетика и 6-й ТУ

Хотелось бы отметить, что утверждения некоторых аналитиков будто бы ведущие экономики мира, переходят уже на 6-й ТУ, а Российская Федерация глубоко и безнадежно отстала, не совсем корректны. Если говорить об энергетике, то по строительству АЭС и инновационным технологиям РФ в числе лидеров. Атомная энергетика в балансе страны занимает 20 %, причем небольшой процент в доле энергобаланса объясняется богатством минеральных и гидроресурсов. Отказ многих стран от развития атомной энергетики является ошибочным, потому что развитие возобновляемой энергетики не может обеспечить кратный рост производства энергии, необходимый для экономики 6-го уклада.

Энергохозяйство трамвайных систем (ЭТС)

На данный момент в вопросе приёма, переработке и передачи электроэнергии для подвижного состава принципиального технологического прорыва не произошло. С большим трудом, в 80-90 гг. XX века прошёл переход оборудования тяговых подстанций (ТП) с ртути на кремний. Сегодня можно констатировать, что 98% тяговых подстанций ГЭТ имеют 100% износ оборудования и требуют капитального ремонта, это относиться и контактно-кабельной сети. Данные факторы – технологическое отставание оборудования ЭТС и 100% износ – несут колоссальный ущерб экономики стране и перевозчикам, потери измеряются сотнями миллионов кВт/часов и миллиардами рублей. Развитие ЭТС должно происходить, на основе достигнутых научно-технологических решений, в направлении:

- компьютерное моделирование тяговых сетей;
- проектирование и внедрение системы мониторинга подсистем и всей системы энергохозяйства в режиме «on-line», совместимой с ЦПУ (центральный пункт управления);
- внедрение автоматической системы контроля и учёта эл/энергии (АСКУЭ) по всей цепочке энергопотребления системы;
- микропроцессорное оборудование ТП, модульность оборудования;
- внедрение автоматизации инженерных систем (светофорные объекты, управление СП, инфраструктурных объектов);
- внедрение автоматической системы наружного освещения, остановок и освещения территории депо;

- внедрение современных технологий устройства контактной сети и токосъёма.

Внедрение достигнутых технологических решений в систему энергохозяйства трамвайных систем, позволит перевести энергетику ТС на новый качественный уровень, значительно снизить потери электроэнергии и повысить эффективность перевозок, обеспечить высокую безопасность процесса перевозок.

Электродвигатель как двигатель прогресса

Электродвигатель как элемент тягового привода трамвая относиться к третьему ТУ. В эпоху пятого ТУ новый движитель человечество не изобрело: за прошедшие 150 лет (конструкция русского учёного Б.С. Якоби – 1834 г. и итальянского изобретателя А. Пачинотти – 1860 г.) электродвигатель принципиально не изменился. Появились новые материалы, усовершенствовалось качество сборки, созданы новые виды обмотки, выросли характеристики, но всё это вторичные признаки. Продолжается накопление знаний и технологий по теории электрического поля. Остаётся надеяться, что в ближайшем будущем произойдёт качественный скачок, и мы получим принципиально новый двигатель для трамвая и других транспортных средств.

Информационные технологии

Возникает закономерный вопрос, каким образом достижения пятого ТУ в этой области передачи и обработки информации отразились на предприятиях ГЭТ? Практически никак. Да, на рабочих столах появились персональные компьютеры, служебные сотовые телефоны, программное обеспечение облегчает разработку многочисленных документов. Существенный прогресс произошел в области связи, информирования пассажиров, технологий оплаты проезда. Необходимо подчеркнуть, что пятый ТУ определяется взрывным характером, ростом выработки информации и необходимостью её приема и переработки. Какие проблемы необходимо решить предприятиям ГЭТ на данном технологическом этапе развития ИТ?

Первое – получение информации. Существующие разработки могут обеспечить всеобъемлющий сбор информации со всех элементов трамвайной системы – ВСП, контактно-кабельной сети, тяговых подстанций, подвижного состава, инфраструктуры, пассажиропотока и т.д. Так, ОАО «РЖД» активно внедряет элементы съема и передачи информации. Для примера, путеизмерительный вагон ЦНИИ-4 производит измерение характеристики ВСП по 10-ти параметрам и при установке дополнительного оборудования – до 20-ти параметров. На предприятиях ГЭТ такого вагона нет в принципе.

Второе – передача и обработка информации. Передача информации внутри трамвайной системы не требует больших капитальных затрат. Это можно делать, используя опоры контактной сети и вагоны, на которых и размещается основное оборудование связи. Обработка информации является самым дорогостоящим элементом, так как требует не только формирования серверного узла (скорее «мини-дата центра»), но и самое главное – программное обеспечение (ПО). Данное ПО строиться по принципу нейронных сетей, что является одним из первичных шагов по созданию «искусственного интеллекта» для перехода на новый уровень управления транспортной системой. Разработка современного ПО опирается на принципы синергетики, с использованием математического аппарата для описания открытой структуры (трамвайная система рассматривается как часть общей транспортной системы города, как открытая структура, существующая и описываемая на принципах синергетики, в т.ч. используя «теорию катастроф» и «теорию хаоса»). Разработкой программного обеспечения такого уровня («Цифровой паспорт ГЭТ») у нас в стране на сегодняшний день занимается одна московская компания. Основные задачи, решаемые программой - поддержка принятия решений, разработанная с целью предоставления руководителю предприятия инструмента управления финансами и техническим состоянием инфраструктуры через целевое выделение финансирования. Программный комплекс содержит несколько модулей, по основным элементам системы (ВСП, энергетика, подвижной состав, инфраструктура, пассажиропотоки). Например модуль «Эксплуатация и безопасность ВСП» включает аппаратно-программный комплекс «ИНС-Эксперт» (искусственные нейронный сети), который в режиме реального времени осуществляет мониторинг элементов трамвайной системы, оценивает остаточный ресурс конструкций и элементов, время и параметры технического обслуживания инфраструктуры, оценивает стоимость жизненного

цикла. Оценка ресурса производится на основе применения «напольных» и мобильных средств диагностики.

Будущее любой транспортной системы, не только трамвайной, определяется наличием внедрённой и успешно эксплуатируемой цифровой электронной системой на основе самообучаемых, нейронных сетей, с функциями мониторинга, обработки огромных массивов информации и выработки вариантов управленческих решений. Реализация подобной электронной системы позволит говорить об освоении пятого ТУ по данному элементу (информатизация) в трамвайной (транспортной) системе и готовности к переходу в 6-й ТУ – создание ИИ (искусственный интеллект) по управлению транспортных сетей.

Каков он, транспорт 6-го технологического уклада?

В 5-м ТУ изобретения новых видов транспорта не произошло. Электробус, электромобиль, трамвай или троллейбус на автономном ходу не являются новыми видами пассажирского транспорта.

Что касается подвижного состава для трамвайных линий, то и здесь принципиального прорыва не случилось. Изменился внешний вид, компоновка внутри вагона, интерьер, материалы и технологическая начинка, но вряд ли можно считать вагоны с низким уровнем пола или наличие доступа к интернету технологическим достижением - это лишь требования времени, спроса и конъектуры. На сегодняшний день идет накопление достижений прогресса для качественного скачка в принципиально новый вид пассажирского транспорта. Достигнутый сегодня уровень технологического прогресса в производстве элементов подвижного состава не используется или используется слабо.

Это относиться к:

- сборке кузова из композитных материалов или новых сплавов (например, на основе алюминия), обеспечивающих эксплуатацию не менее 50 лет;
- установке электродвигателей и оборудования, с возможностью генерации, накопления и обратной передачи электрического тока;
- переходу на 100% «низкий пол»;
- установки бортового компьютера, оборудования и программного обеспечения, позволяющих: а) обеспечить энергосберегающие режимы эксплуатации; б) повысить безопасность перевозок; в) применить и использовать функцию «автопилота» (в начальной стадии - как помощь водителю);
- стандартизации комплектующих изделий, обеспечению модульности сборки и ремонта;
- обеспечению уменьшения стоимости подвижного состава с целью повышения конкурентоспособности ГЭТ.

Рельсовый путь

По данному элементу ТС, принципиальных изменений за последние сто лет не произошло, да и не могло быть. Не решены на настоящий момент следующие задачи и вопросы:

- резкое снижение финансирования на решение прикладных затрат в РФ – отсутствие собственных разработок и технологий (массовое копирование старых западных технологий);
- снижение качества подготовки инженерных кадров;
- не достигнуты необходимые характеристики металла для рельса;
- не отработаны теоретические и практические вопросы по взаимодействию пары «рельс-колесо» и остальных элементов пути;
- не изобретено «идеальное» скрепление для рельсовой колеи («современные» скрепления типа «Фоссло» или «Пандрол» – разработки 50 – 60 гг. прошлого века);
- в стадии изучения динамика взаимодействия нагрузок на все элементы рельсового пути и подвижного состава;
- в стадии изучения и внедрения система онлайн-мониторинга рельсового пути, аппаратно-программный комплекс на основе нейтронных сетей;

Каждый вышеизложенный пункт – это огромный пласт нерешённых проблем и задач, которые в данной статье раскрыть невозможно.

Трамвайная система 21 века

Обобщая вышесказанное, предлагается несколько точек зрения на современную трамвайную систему, её желательные параметры и будущее развитие.

С точки зрения пассажира ключевыми факторами являются комфортность поездки, безопасность передвижения, доступность транспорта, и относительно низкая стоимость проезда;

С точки зрения эксплуатирующей организации – низкие затраты на эксплуатацию и длительные сроки службы элементов ТС;

С точки зрения города – экологичность, возможность массовых перевозок, эстетичность системы и относительно низкая стоимость закупки и содержания ТС;

С точки зрения жителей города – минимальное отрицательное влияние на условия проживания в городской среде (в т.ч. экологию), доступность транспортной услуги;

С точки зрения производителей элементов системы – долгосрочная устойчивость закупок, позволяющая разрабатывать и производить новые виды подвижного состава, элементы сети и комплектующие.

В принципе, основные требования к современному трамваю (как к системе пассажироперевозок), можно объединить несколькими словами:

1. Комфортность;
2. Безопасность;
3. Эстетичность;
4. Низкая себестоимость;
5. Устойчивость системы;
6. Управление – новый уровень (ИНС);

Каждый из данных факторов включает в себя множество параметров и связей.

Построение требуемой транспортной системы, исходя из вышеизложенных параметров, не представляет технологических сложностей. Такую систему можно отнести к 5-му технологическому укладу, без чего не возможен переход на следующий, шестой уклад.

Учитывая различные параметры трамвайных сетей РФ и перспективы их развития, оптимальные направления развития трамвайных технологий могли бы быть определены государственной программой развития трамвайного и легкорельсового транспорта, к подготовке которой необходимо привлечь отраслевое сообщество ГЭТ, промышленность, профильные структуры государственной власти, научные и проектные организации нашей страны и зарубежных экспертов. Именно целостные усилия государства, промышленности и транспорта могли бы создать предпосылки для перехода трамвайных систем страны к новому качественному уровню к 2030-2035 гг.

Портнов Владимир Павлович,
Главный инженер «Инженерный центр-М17»
Тел. 968-721-1339, info.m17@yandex.ru

Данная статья отражает частное мнение автора. Приглашаем специалистов отрасли к дискуссии в рамках мероприятий отраслевых ассоциаций (МАП ГЭТ).

КАТАЛОГ УЧАСТНИКОВ «ЭлектроТранс 2019», «Электроника-Транспорт 2019», «CityBus 2019» 14-16 мая 2019 г.