

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО АМВПС ПРИГОРОДНОГО СООБЩЕНИЯ

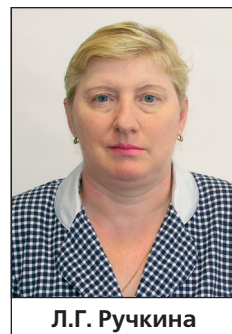
В статье приведены разработанные технико-экономические критерии, позволяющие оценить эффективность принимаемых концептуальных решений по конструкции дизельного автономного моторвагонного подвижного состава (АМВПС) на предпроектной стадии, с целью обеспечения наибольшей эффективности перевозочной, пассажирской работы в эксплуатации.

Ключевые слова: автономный моторвагонный подвижной состав; силовая установка; гидродинамическая передача мощности

EDN: JDYTM1



А.Ф. Слутин



Л.Г. Ручкина

Разработанные технико-экономические критерии позволяют оценить эффективность принимаемых концептуальных решений по конструкции дизельного АМВПС на предпроектной стадии, с целью обеспечения наибольшей эффективности перевозочной, пассажирской работы в эксплуатации.

Сравнению подлежат существующие типовые композиционные схемы дизельного АМВПС для пригородного движения: «сосредоточенная тяга», т.е. за счет локомотивных модулей в составе поезда (по типу ICE-2 или, как сейчас, за счет использования тепловоза ТЭП70 БС в составе дизель-поезда (ДП)), без размещения пассажиров в таких модулях; с моторным отсеком, за кабиной машиниста в пассажирских головных вагонах и с подвагонными силовыми модулями (Power Pack), в системе с распределенной

тягой, с электрической или гидравлической передачами мощности.

В первом варианте (рис. 1), с электропередачей мощности, предусматривается использование тепловозного дизеля (в частности, «Д 49») отечественного производства.

Второй вариант (рис. 2), с гидродинамической передачей мощности, ориентирован на известную «классическую» концепцию по типу рижских ДП, серии ДР, предусматривающий ряд изменений, касающихся типа используемых вагонов, их интерьера, применение более форсированного дизеля (отечественного производства) с современной системой поддержания микроклимата, в т.ч. кондиционированием салонов, более компактной компоновкой дизельного помещения в головном вагоне и с большим объемом

Слутин Александр Флавиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта Национального исследовательского университета МЭИ. Область научных интересов: приводные электромеханизмы; системы тягового электропривода, в т.ч. гибридные энергетические установки транспортных средств. Автор 22 научных работ. Имеет три авторских свидетельства СССР на изобретения и два патента РФ на полезную модель.

Ручкина Любовь Григорьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электрификация и электроснабжение» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: метрология, электротехника. Автор 41 научной работы.

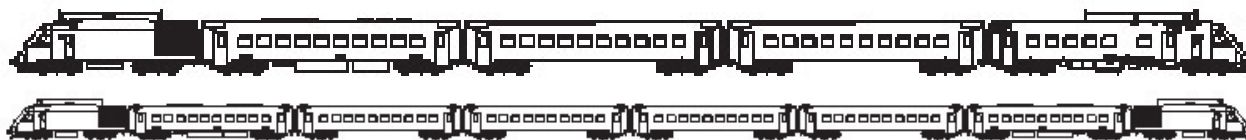


Рис. 1. Композиционные схемы дизель-поезда при использовании концепции «локомотивной тяги»

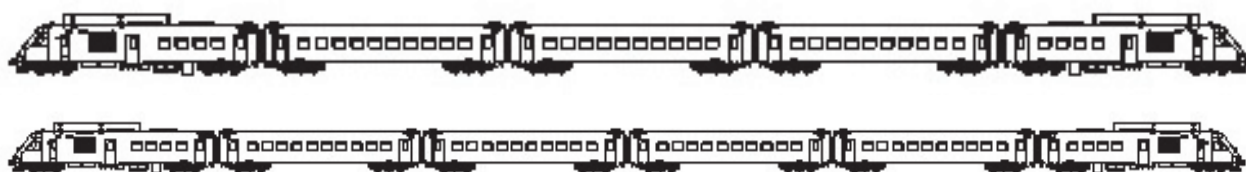


Рис. 2. Композиционные схемы дизель-поезда с моторными отсеками в головных пассажирских вагонах

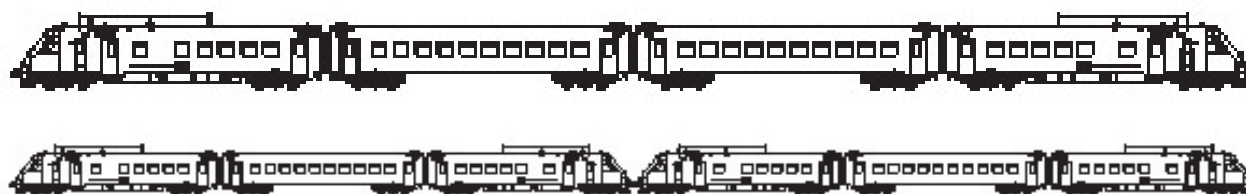


Рис. 3. Композиционные схемы дизель-поезда на базе силовых модулей «Power Pack» с подвагонным расположением

топливного бака, ориентированный на сложившуюся в настоящее время систему обслуживания и ремонта на базе депо дизель-поездов.

Третий вариант (рис. 3), предусматривает использование модульно-агрегатированных силовых установок, с подвагонным расположением (типа «Power Pack»), с гидродинамической передачей мощности (например «Voith»), или с электрической передачей, в т. ч. для системы «распределенной тяги». Этот вариант позволяет иметь глубокую унификацию при создании дизель-поездов и рельсовых автобусов на базе головного вагона дизель-поезда.

Базовые технико-эксплуатационные показатели для сопоставления по вариантам приведены в табл. 1.

На основании данных табл. 1 и соответственных данных для ДП увеличенной составности, далее приводится сопоставительная оценка по вариантам конструкции, в относительных единицах, по нижеследующим критериям.

1. Топливная экономичность дизель-поезда (потребление дизельного топлива, у.е. на условный измеритель 10^4 пасс.-км).

Сравнение i -го варианта с j -м (базовым). За базовый вариант (100% или 1 балл) принят вариант 1, с электропередачей мощности и дизелем Д 49.

Важным показателем является расход топлива в пусковых режимах движения дизель-поезда. Периодически повторяющийся разгон «массы брутто» дизель-поезда происходит со значительной частотой и является наиболее «весомой» составляющей в процессе преобразования топливной энергии. Для этого случая относительный, оценочный показатель будет следующим.

$$K_{ij} = (N_{eti}/N_{etj}) \cdot (q_{ui}/q_{uj}) \cdot (p_{kj}/p_{ki}) \cdot (N_{пс расчj}/N_{пс расчi}),$$

где K_{ij} — отношение удельного расхода топлива сравниваемого варианта (2-го или 3-го) к удельному расходу топлива базового (1-го варианта) в пусковых режимах движения дизель-поезда;

N_{eti} — мощность, снимаемая с вала дизеля в тяговом режиме сравниваемого варианта;

N_{etj} — то же для базового варианта;

p_{kj} — удельная касательная мощность сравниваемого варианта (показатель пусковой динамики);

p_{ki} — то же для базового варианта;

Таблица 1

Дизель-поезда средних составностей (4–5 вагонов)

Показатель	Вариант 1 (Д 49)	Вариант 2	Вариант 3 (Power Pack®)
Число вагонов/в т.ч. пассажирских	5/4	5/5	4/4
Длина поезда по осям автосцепок, м	103,5	110,5	88,4
Число мест	428	460	392
Номинальное число пассажиров	952	1047	908
Масса тары, т	251	244	200
Масса брутто, при расчетной населенности, т	296	293	241
Удельный расход топлива дизелем, г/эфф. кВт · ч	198	220	217
Полный моторесурс дизеля, моточасы	100000	30000	18000 — до КРП или замены
Материалоемкость при номинальной населенности, т/пасс.	0,26	0,24	0,22
Эффективная мощность дизелей, кВт	1600	2×750	2×600
Количество силовых установок на дизель-поезде	1	2	2
Удельная эффективная мощность силовых установок, кВт/т тары	6,37	6,4	6,0
Удельная тяговая (касательная) мощность при расчетной населенности, кВт/т брутто	3,55	4,19	3,3

Таблица 2

**Относительный расход топлива на пусковых режимах
на измеритель 10⁴ пасс.-км по вариантам концепций дизель-поезда**

<i>K_{ij}</i>	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
	Среднесоставные		
	100%	84% и 91%*	94%
	Длинносоставные		
	100%	78,4% и 88%*	89,4%

*Зависит от типа применяемой гидродинамической передачи.

$N_{\text{пс расч}j}$ — расчетное количество пассажиров базового варианта;

$N_{\text{пс расч}i}$ — расчетное количество пассажиров сравниваемого варианта.

Результаты по вариантам расчета сведены в табл. 2 и приведены на диаграмме (рис. 4).

В зависимости от вида передачи мощности (в диапазоне до 1500 кВт), эффективность преобразования энергии топлива в кинетическую энергию поезда, определяется следующим образом.

1. Гидродинамическая передача: (КПД передачи) = (КПД колесной пары) × (КПД 1-й ступени тягового

редуктора) × (КПД 2-й ступени тягового редуктора) × (КПД «коробки») = 0,998 · 0,99 · 0,98 · 0,9 = 0,87. В энергетической цепи передачи — 4 звена.

2. Электропередача мощности: (КПД передачи) = (КПД колесной пары) × (КПД тягового редуктора) × (КПД тягового электродвигателя) × (КПД статического преобразователя) × (КПД тягового генератора) = 0,998 · 0,99 · 0,93 · 0,98 · 0,95 = 0,855. В энергетической цепи передачи — 5 звеньев.

Относительные доли расхода топлива на «холостом ходу», из расчета 3% от расхода на пусковых режимах для дизеля базового варианта, будут следующими:

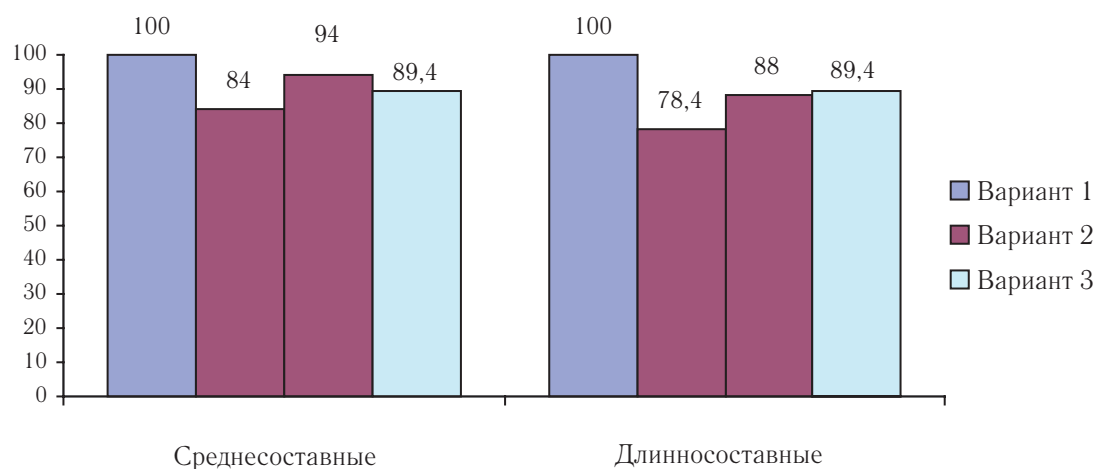


Рис. 4. Относительный расход топлива на пусковых режимах на измеритель

Таблица 3

**Относительный суммарный расход топлива
на измеритель 10⁴ пасс.-км по вариантам концепций дизель-поезда**

K'_{ij}	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
	Среднесоставные		
	100 %	84,2%*и 91 %	95 %
	Длинносоставные		
	100 %	81 %*и 90 %	92 %

* С гидропередачей «Voith».

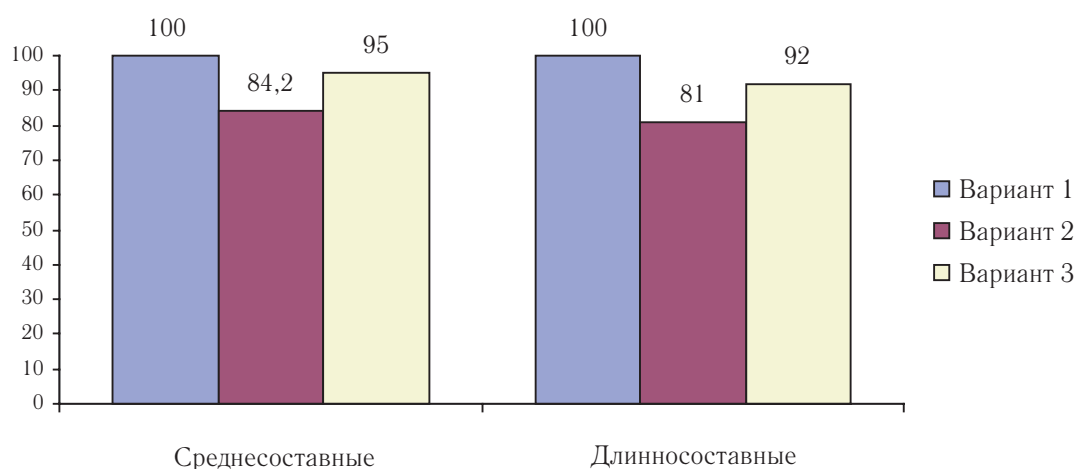


Рис. 5. Относительный суммарный расход топлива на измеритель (без учета расхода на отопление)

$Kijxx = 3 \cdot (N_{ej} / N_{ei}) \cdot (p_{ki} / p_{kj}) \cdot (N_{\text{расч}j} / N_{\text{расч}i})$, %, где N_{ej} — эффективная мощность дизеля сравниваемого варианта;

N_{ei} — то же базового варианта.

Результаты расчетов по вариантам концепций, с учетом расхода топлива на «холостой ход» сведены в табл. 3 и приведены на диаграмме (рис. 5).

Возможно ухудшение относительного показателя расхода топлива базового варианта в связи с затяжным переходным процессом дизеля Д 49.

2. Необходимые запасы топлива на дизель-поезде

По данным из [1], расход топлива по сети, при эксплуатации дизель-поездов, в зависимости от времени года, профиля пути и технической скорости колеблется от 70 до 90 кг на измеритель 10^4 т · км, брутто. Принимаем среднее значение на уровне 80 кг/ 10^4 т · км, брутто. В соответствии с ТТ к АМВПС, при заданном пробеге между заправками топливом 1400

км, для вариантов концепций получим необходимые запасы топлива на дизель-поезде.

Вариант 1: $80 \cdot (100/84,2) \cdot 296 \cdot 1400/10000 = 3937$ кг, что соответствует объему бака 5 м³ на головном вагоне (дизельном модуле).

Вариант 2: $80 \cdot 345 \cdot 1400/10000 = 3864$ кг, что соответствует объему бака 2,4 м³ на моторном, головном вагоне.

Вариант 3: $80 \cdot (89/81,2) \cdot 241 \cdot 1400/10000 = 2958$ кг, что соответствует объему бака 1,85 м³ на моторном, головном вагоне.

При среднесуточном пробеге дизель-поезда 200-250 км заправка топливом может производиться через каждые 6 сут.

Результаты расчетов сведены в табл. 4 и приведены на диаграмме (рис. 6).

3. Пассажировместимость дизель-поезда, %, по вариантам концепций.

Таблица 4

**Запас топлива на дизель-поезде по вариантам концепций
при периодичности заправки 5–7 сут.**

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Масса дизельного топлива, кг	Среднесоставные		
	3937	3864	2958
	Длинносоставные		
	7874	3864	5916

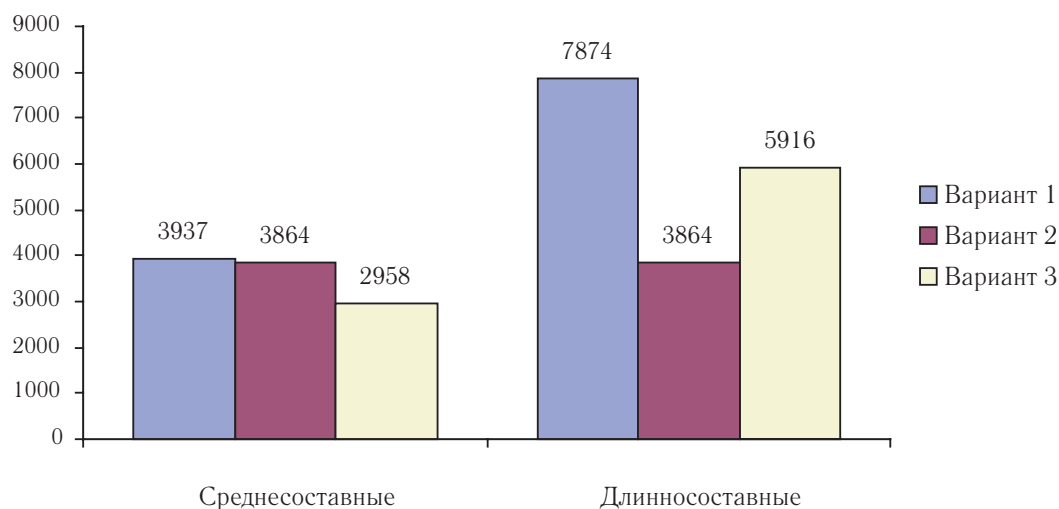


Рис. 6. Запас топлива при периодичности заправки 5–7 сут., кг

Таблица 5

Пассажировместимость по вариантам концепций дизель-поезда

Пассажировместимость, %	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
	Среднесоставные		
	91	100	87
	Длинносоставные		
	100	87	88

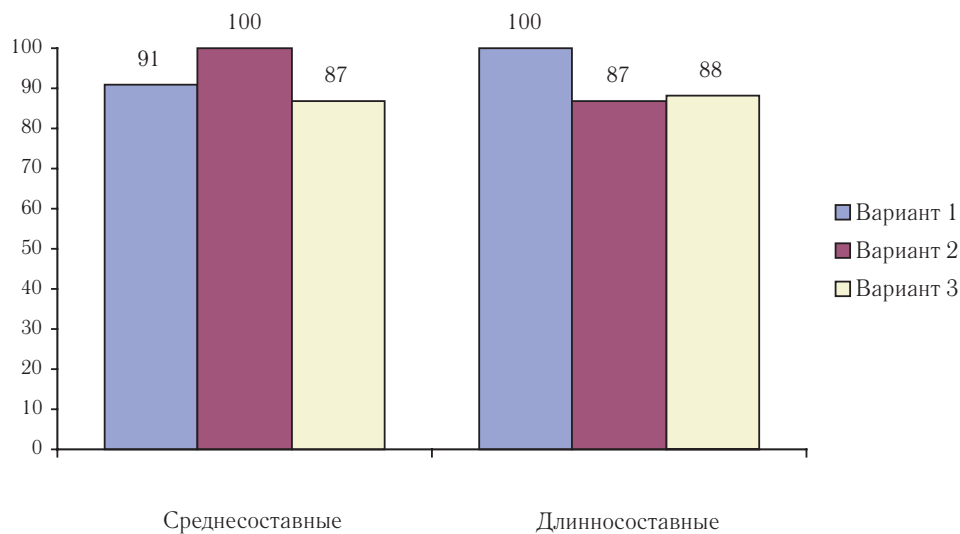


Рис. 7. Пассажировместимость дизель-поезда, %

Сравнительные данные приведены в табл. 5 и приведены на диаграмме (рис. 7).

4. Тяговая динамика

Показателем тяговой динамики может служить удельная касательная мощность дизель-поезда при расчетной населенности (см. табл. 1). Данный показатель также характеризует запас по критичности выполнения графика движения поездов.

Сравнительные данные, %, по вариантам композиционных решений приведены в табл. 6 и на диаграмме (рис. 8).

Показателем пусковой динамики может служить среднее ускорение дизель-поезда при трогании с места за время переходного процесса дизеля от «холостого хода» до номинальной мощности. Для этого случая имеем:

$$t_{\text{вых}} = \frac{\sum N_e}{\sum V_e},$$

$$m_{\text{бр}} \cdot a_{\text{пуск}}^2 \cdot t_{\text{вых}} = \sum P_k,$$

где $t_{\text{вых}}$ — минимальное время «выхода дизеля на ре-

жим» (время переходного процесса набора мощности от холостого хода до номинального значения), с;

$\sum N_e$ — суммарная эффективная мощность дизелей, установленных на дизель-поезде, кВт;

$\sum V_e$ — суммарная скорость (быстрота, темп) набора мощности дизелями в переходном процессе от холостого хода до номинальной мощности, кВт/с;

$m_{\text{бр}}$ — расчетная масса брутто дизель-поезда, кг;

$a_{\text{пуск}}$ — среднее пусковое ускорение дизель-поезда за время «выхода» дизеля на номинальный режим, м/с²;

$\sum P_k$ — касательная мощность дизель-поезда, Вт.

Откуда

$$a_{\text{пуск}} = \sqrt{\frac{\sum P_k}{m_{\text{бр}} \cdot t_{\text{вых}}}}.$$

Темп набора мощности дизелями по вариантам концепций и соответствующие ускорения приведены в табл. 7,8 соответственно и на диаграмме (рис. 9).

5. Обеспечение микроклимата в пассажирских салонах.

Таблица 6

Относительные показатели тяговой динамики

Отношения удельных касательных мощностей, %	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
	Среднесоставные		
	85	100	79
	Длинносоставные		
	88	73	100

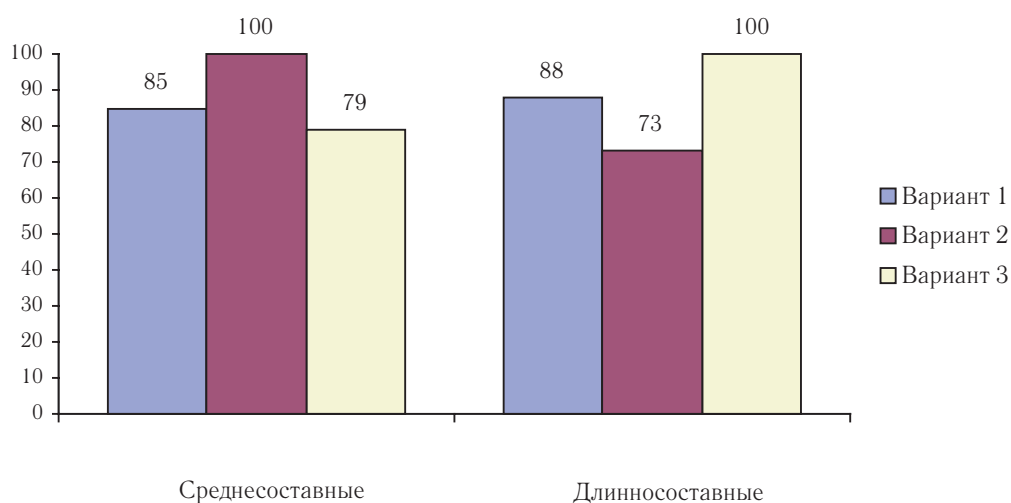


Рис. 8. Относительные показатели тяговой динамики

Таблица 7

Темп набора мощности дизелями

V_e , кВт/с	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
	Среднесоставные		
	40	2×80	2×85
	Длинносоставные		
	2×40	2×80	4×85

Таблица 8

Пусковые ускорения по композиционным вариантам дизель-поезда

$a_{\text{пуск}}$, м/с ²	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
	Среднесоставные		
	0,3	0,65/0,61	0,71
	Длинносоставные		
	0,33	0,6/0,563	0,866

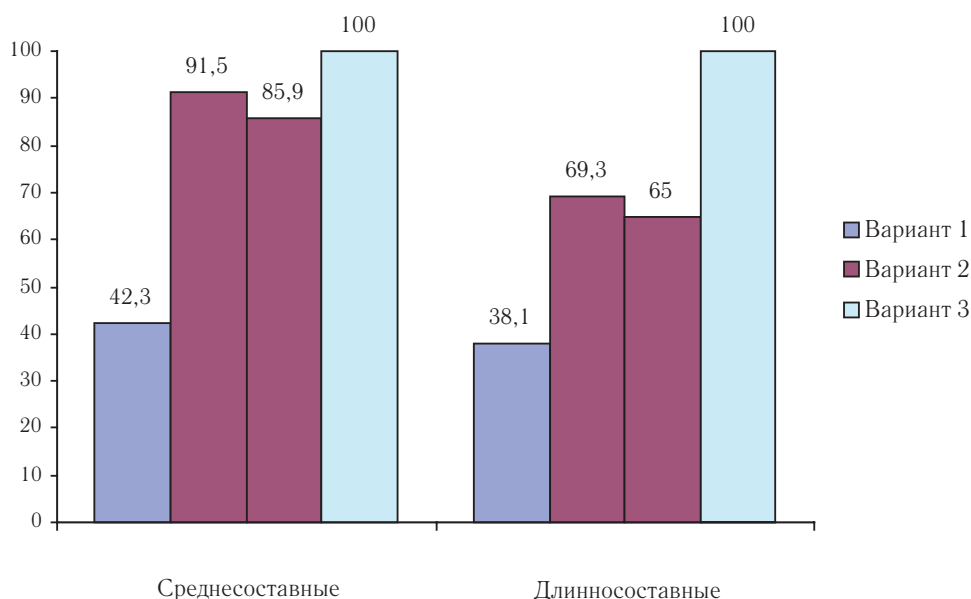


Рис. 9. Относительные пусковые ускорения

Все варианты предусматривают наличие системы кондиционирования пассажирских салонов из расчета 20 кВт/вагон потребления электрической мощности. В рассматриваемых длинносоставных вариантах это приведет к увеличению расхода топлива (за срок жизненного цикла) примерно в равных долях.

Варианты концепций предусматривают использование следующих систем отопления.

Вариант 1: электрокалориферное отопление по типу электропоезда «ЭД», «ЭП» из расчета электрической мощности 50 кВт/вагон (210 кВт на пятивагонный поезд и 310 кВт на восьмивагонный).

Вариант 2:

а — жидкостно-воздушное отопление за счет отбора теплоты от системы охлаждения и дополнительной теплоты от жидкостного котла-подогревателя (например фирмы «Webaster»);

б — смешанное, с помощью жидкостных конвекторов за счет отбора теплоты от системы охлаждения дизеля и подогрева потолочного воздуха, с помощью электротепловентиляторов (как на электропоезде).

Вариант 3: жидкостно-воздушное отопление за счет отбора теплоты от системы охлаждения и дополнительной теплоты от жидкостного котла-подогревателя (например фирмы «Webaster»).

Потребление электрической мощности по концепциям 2-го и 3-го вариантов, будет следующим:

Вариант 2а: $5 \times 5 = 25$ кВт (5 вагонов) и $5 \times 6 = 30$ кВт (6 вагонов);

Вариант 2б: $30 \times 5 = 150$ кВт (5 вагонов) и $30 \times 6 = 180$ кВт (6 вагонов).

Вариант 2а предусматривает компенсацию недостающего количества теплоты путем дожигания дизельного топлива в жидкостном котле-подогревателе из расчета реализации дополнительной тепловой мощности 10 кВт/вагон (2×25 кВт при пятивагонной составности и 2×30 кВт при шестивагонной составности).

Вариант 3: $4 \times 5 = 20$ кВт (4 вагона) и 30 кВт (6 вагонов). При этом дополнительная тепловая мощность от жидкостного котла-подогревателя будет равна 2×20 кВт (4 вагона). При составности 2×3 вагона избытка тепловой мощности четырех дизелей достаточно для отопления поезда. Жидкостный котел-подогреватель в этом случае используется как дополнительный резервный источник тепловой мощности.

Баланс по видам потребляемой мощности систем отопления дизель-поездов рассматриваемых концепций приведен в табл. 9.

Относительные показатели топливно-энергетической эффективности систем отопления рассматриваемых концепций.

1. Электроотопление (по концепции варианта 1):

• КПД преобразования энергии топлива в «джоулево тепло» ТЭНов при номинальном режиме работы дизеля = (КПД дизеля) $\times$ (КПД генератора энергоснабжения) $\times$ (КПД выпрямителя) = $0,4 \cdot 0,94 \cdot 0,98 = 0,37$ (т.е. 63% топлива, расходуемого на отопление, затрачивается «впустую»);

Таблица 9

**Баланс потребляемой мощности систем отопления
по композиционным решениям дизель-поезда**

Среднесоставные дизель-поезда			
Мощность, кВт	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
$\Sigma P_{\text{отопл}}$	210	250	200
$P_{\text{диз}}$	—	175/100*	140
$P_{\text{эл}}$	210	25/150*	20
$P_{\text{жк}}$	—	50/—*	40
Длинносоставные дизель-поезда			
Мощность, кВт	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
$\Sigma P_{\text{отопл}}$	310	300	2×150
$P_{\text{диз}}$	—	210/120	2×135
$P_{\text{эл}}$	310	30/180	2×15
$P_{\text{жк}}$	—	60/—	—

* С двух дизелей для способов отопления 2а и 2б.

• КПД преобразования энергии топлива в «джоу-лево тепло» ТЭНов на режимах «холостого хода» (из расчета, что удельный расход топлива дизеля в режиме холостого хода возрастает по меньшей мере в 2 раза) будет равен 20%. Если реализована система «подъема оборотов» холостого хода при включении нагрузки энергоснабжения, то КПД дизеля снижается незначительно (удельный расход топлива Д49 возрастает со 198 г/э кВт·ч до 220 г/э кВт·ч, что соответствует КПД на уровне 0,36). Следовательно, эффективность преобразования будет равна: $\eta_t = 0,36 \cdot 0,94 \cdot 0,98 = 0,33$ (т.е. около 67% топлива, расходуемого на отопление, затрачивается «впустую»).

Принимая время работы дизеля на расчетном перегоне (с учетом времени остановки) равным примерно 30%, средняя эффективность топливно-энергетического преобразования для системы электроотопления будет равна: $\eta_t = (0,3 \cdot 0,37 + 0,7 \cdot 0,33) = 0,342$ (т.е. полезно реализуется только 34% теплотворной способности топлива, остальные 66% топлива, расходуемого на отопление, потребляется «впустую»).

2. Жидкостно-воздушное отопление по варианту 2а (для средней составности)

Доля преобразования, приходящаяся на электромагнитную энергию, составляет 10%, а на «прямое сжигание» в котле-подогревателе — 20%. Остальная часть тепла (70%) достается «даром» за счет теплоотвода от системы охлаждения дизеля. В этом случае, средняя эффективность топливно-энергетического преобразования будет равна:

$\eta_t = 0,342 \cdot 0,1 + 0,75 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,7 = 1,584$ (что эквивалентно полной, без потерь реализации теплотворной способности топлива расходуемого на отопление и к этому добавляется еще около 60% дополнительной теплоты).

Смешанное отопление по вар. 2б (для средней составности).

Доля преобразования, приходящаяся на электромагнитную энергию, составляет 60%, остальная часть тепла (40%) достается «даром» за счет теплоотвода от системы охлаждения дизеля. В этом случае средняя эффективность топливно-энергетического преобразования будет равна:

$\eta_t = 0,342 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,4 = 1,005$ (что эквивалентно полной, без потерь реализации теплотворной способности топлива расходуемого на отопление).

3. Жидкостно-воздушное отопление по вар. 3 (для средней составности)

Доля преобразования, приходящаяся на электромагнитную энергию, составляет 10%, а на «прямое сжигание» в котле-подогревателе — 20%. Остальная часть тепла (70%) достается «даром» за счет теплоотвода от системы охлаждения дизеля. В этом случае, средняя эффективность топливно-энергетического преобразования будет равна:

$\eta_t = 0,342 \cdot 0,1 + 0,75 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,7 = 1,584$ (что эквивалентно полной, без потерь реализации теплотворной способности топлива расходуемого на отопление и к этому добавляется еще около 60% дополнительной теплоты).

Таблица 10

Расход топлива на отопление по концепциям дизель-поезда

Относительный расход топлива на отопление, %	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
	Дизель-поезда средней составности		
	100	21,6/34	21,6

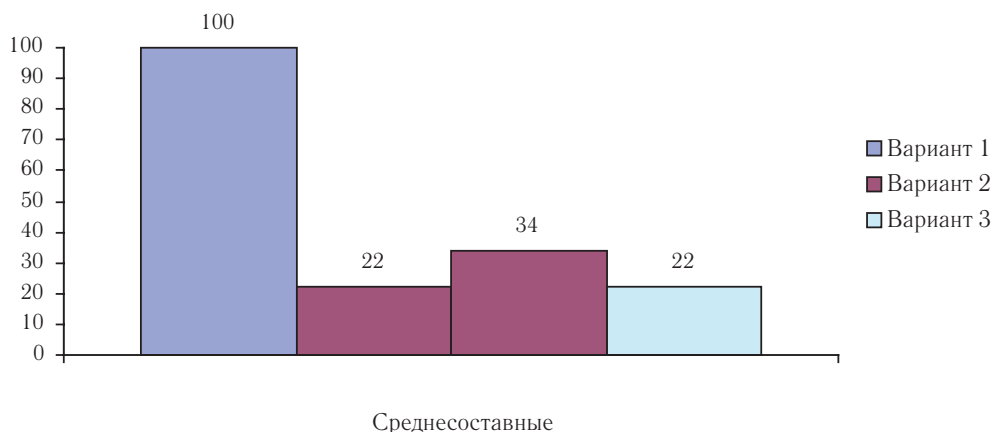


Рис. 10. Относительные расходы топлива на отопление

В табл. 10 и на диаграмме (рис. 10) приведены относительные расходы топлива на отопление по вариантам концепций дизель-поезда.

Проведенный анализ показывает крайне низкую эффективность использования электроотопления на ДП, аналогичного электропоездам. Расходы топлива будут неоправданно большими. Определенное значение на увеличение расхода топлива на электроотопление и кондиционирование оказывают режимы «холодного хода», когда дизель работает при пониженном КПД. Поэтому для дизель-поездов следует признать необходимым использование для отопления (в основной доле) тепла охлаждающей жидкости дизеля.

6. Стоимость серийного образца дизель-поезда.

При эксплуатации с шестью пассажирскими вагонами, самым дорогим вариантом будет 1-й, а самым дешевым 2-й. Указанная стоимость 1-го варианта увеличится в 2 раза, за вычетом стоимости 2-х прицепных вагонов и разницы между стоимостью головного и прицепного вагонов. Указанная стоимость 2-го варианта увеличится на стоимость только одного прицепного вагона. Указанная стоимость 3-го варианта увеличится в 2 раза, за вычетом стоимости 2-х прицепных вагонов.

7. Стоимость технического обслуживания и ремонта

В соответствии с располагаемыми моторесурсами используемых дизелей, за срок «жизненного цикла» (28 лет) для 1-го варианта (60–80 тыс. моточасов) необходимо провести два «КР», для 2-го варианта (30 тыс. моточасов) необходимо провести 4 «КР» с заменой дизелей, для 3-го варианта (18 тыс. моточасов) необходимо провести 5 «КР» с заменой дизелей «Power Pack» (по рекомендациям фирмы-производителя). Ориентировочные, относительные стоимости ТО и ремонтов по вариантам концепций, за срок «жизненного цикла» приведены на диаграмме (рис. 11).

8. Стоимость «жизненного цикла».

Расчетные данные по относительной стоимости «жизненного цикла» (28 лет), по вариантам концепций, приведены на диаграмме (рис. 12).

Выводы

Стоимости серийных образцов рассматриваемых вариантов отличаются на 10÷20% в порядке уменьшения цены: наиболее дорогостоящий 1-й («локомотивной тяги»), затем 3-й (с Power Pack) и затем 2-й — самый дешевый, известной «классической» компоновки.

При проектировании и изготовлении опытного образца, по степени трудоемкости и сложности решаемых задач, варианты распределяются в порядке: 1-й

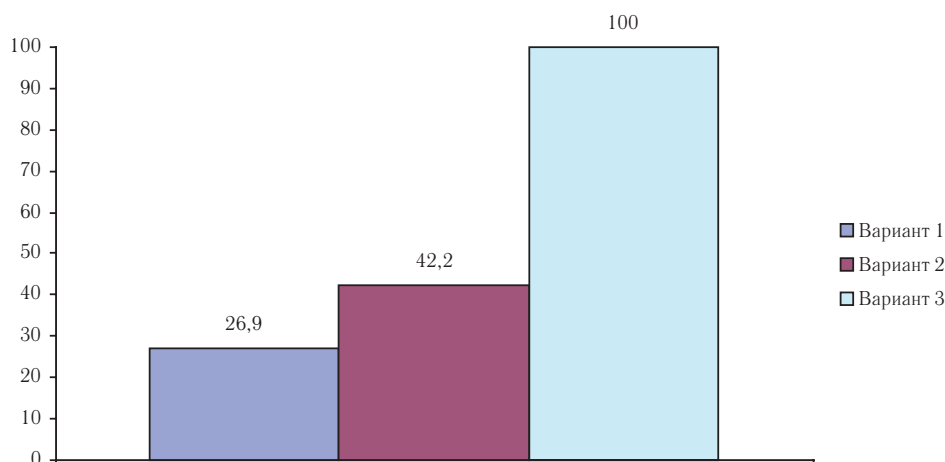


Рис. 11. Стоимость технического обслуживания и ремонта в относительных единицах

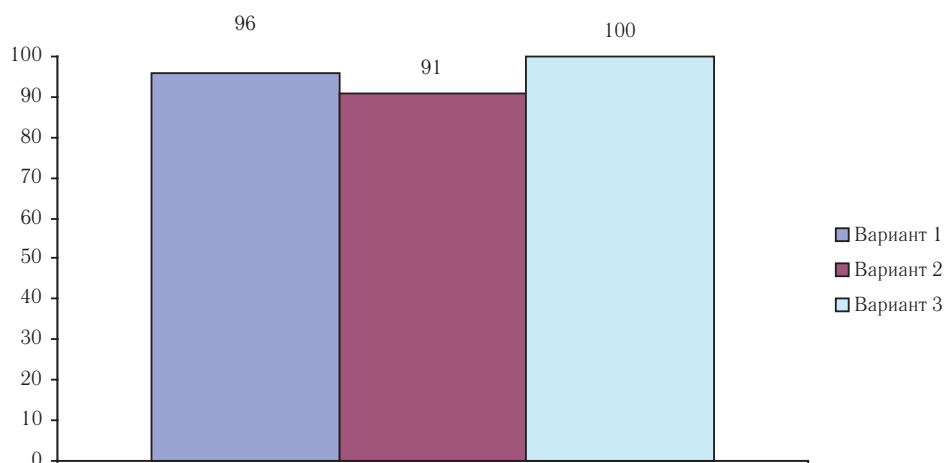


Рис. 12. Стоимость жизненного цикла в относительных единицах
(3-й вариант без учета увеличения стоимости на импорт запчастей и технологий)

(с Д 49); 2-й и 3-й, — наименее трудоемкий («распределенная тяга» с Power Pack).

По совокупности затрат, наиболее дешевым опытным образцом может оказаться концепция 3-го варианта с подвагонным расположением силового модуля импортного производства. Самым дорогим опытным образцом будет 1-й вариант, с головным энерго-модулем и дизелем Д49.

По стоимости «жизненного цикла» варианты мало отличаются друг от друга, в среднем на 5%, без учета разницы по стоимости импортных запчастей для 3-го варианта, которая может оказаться значительной.

Наиболее надежным в эксплуатации вероятно будет 1-й вариант (с Д 49).

С учетом прогнозируемого роста цен на топливо, важным показателем являются суммарные затраты на ГСМ за срок «жизненного цикла». Здесь 1-й и 2-й варианты практически равнозначны. Наиболее экономичным является 3-й вариант.

При оценке динамических качеств с позиций запаса по критичности выполнения графика движения поездов варианты близки между собой. Однако по пусковому ускорению, при трогании с места, 1-й вариант будет существенно уступать двум другим.

При оценке потребностей внутреннего рынка дизель-поездов, условий эксплуатации и возможности применения отечественных силовых агрегатов, наиболее перспективным в настоящее время явля-

ется 2-й вариант. Это объясняется соответствием концепции имеющейся ремонтной базе, возможностью эксплуатации на базе существующей сети депо дизель-поездов. При этом обеспечиваются высокие потребительские качества (выполнение санитарных норм по климату пассажирских салонов наиболее экономичными и эффективными техническими средствами, хорошие динамические качества, новый облик вагонов: новый интерьер салонов; информационные табло пассажиров; прислонно-сдвижные двери; линейка бокового остекления; гладкая броня; новый тюнинг лобовой части кабины машиниста с пластиковой поверхностью двойной кривизны и др.).

Эффективность перевозочной работы (Σ затраты на пасс.-км) самая высокая также у 2-го варианта.



Литература

1. Моторвагонный подвижной состав: технические требования, 2003. - Текст : непосредственный.
2. Дизель-поезда Устройство, ремонт, эксплуатация : учебник для средних ПТУ / Б. М. Лернер, Н. П. Ковалев, В. П. Лебедев, А. А. Курятников. - Москва : Транспорт, 1982. - 279 с. - Текст : непосредственный.
3. Инструкция по применению смазочных материалов на локомотивах и моторвагонном подвижном составе № ЦТ-940 (утверждена МПС России 16.05.2003). - Текст : непосредственный.