

Определение затрат энергии на гидростатический привод мотор-вентиляторов охлаждающего устройства дизеля тепловоза ТЭП70БС по данным микропроцессорной системы управления

Д. Н. Курилкин, Р. В. Кулеш, П. В. Дворкин, А. А. Романова, А. Д. Садовский

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Курилкин Д. Н., Кулеш Р. В., Дворкин П. В., Романова А. А., Садовский А. Д. Определение затрат энергии на гидростатический привод мотор-вентиляторов охлаждающего устройства дизеля тепловоза ТЭП70БС по данным микропроцессорной системы управления // Бюллетень результатов научных исследований. — 2022. — Вып. 3. — С. 89–102. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-3-89-102

Аннотация

Цель: Разработка и апробация методики определения затрат энергии на гидростатический привод мотор-вентиляторов охлаждающего устройства дизеля тепловоза ТЭП70БС. Затраты энергии на привод мотор-вентиляторов охлаждающих устройств составляют значительную долю в общем объеме затрат энергии на вспомогательные нужды. При определении мощности, отбираемой на привод мотор-вентиляторов охлаждающих устройств дизеля, необходимо учитывать влияние технического состояния привода мотор-вентиляторов и общее техническое состояние системы охлаждения дизеля. Данную задачу возможно решить путем статистического анализа информации, регистрируемой подсистемой бортовой диагностики тепловозов ТЭП70БС при выполнении соответствующих аналитических расчетов. При этом необходимо учитывать особенности функционирования гидростатического привода мотор-вентиляторов при различных режимах нагружения. **Методы:** Статистическая обработка и анализ результатов измерений. Аналитический расчет гидростатической системы на основе обработки результатов измерения. Приведение параметров гидростатического привода к номинальным режимам. **Результаты:** Предложена методика аналитического расчета затрат энергии на основе статистического анализа данных о режимах работы мотор-вентиляторов. Определены вероятные значения мощности, затрачиваемой на привод мотор-вентиляторов для различных позиций контроллера. Показано, что для номинальной позиции контроллера средняя затрачиваемая мощность для рассматриваемой выборки из пяти тепловозов составит 23,2 кВт на два мотор-вентилятора. **Практическая значимость:** Использование представленной методики позволяет существенно повысить точность определения мощности, отбираемой на вспомогательные нужды и, как следствие, повысить точность расчета тяговых характеристик и характеристик расхода топлива тепловозом ТЭП70БС.

Ключевые слова: Энергоэффективность, гидростатический привод мотор-вентиляторов охлаждающего устройства, тепловоз ТЭП70БС, затраты энергии.

Введение

Одним из путей повышения энергоэффективности локомотивов является поиск режимов работы, обеспечивающих энергооптимальные траектории движения поездов при различных условиях работы. Решению данного вопроса посвящено большое количество работ, позволяющих считать задачу во многом

решенной. Однако при решении данной задачи, как правило, рассматриваются паспортные тяговые и энергетические характеристики локомотивов [1–3].

Подобное допущение снижает достоверность исходных данных для расчета, что отрицательно сказывается на результате. Получение достоверной информации о реальных тяговых и энергетических характеристиках локомотивов является условием повышения достоверности предварительно выполняемых тяговых расчетов и поиска энергооптимальных режимов.

Как было показано в ряде исследований [4, 5], уровень энергоэффективности тепловоза в эксплуатации во многом определяется техническим и теплотехническим состоянием дизеля. Влияние технического состояния вспомогательных механизмов оказывает меньшее влияние, однако оно существенно влияет на выбор режимов ведения с целью выдержки заданного времени хода по участку [5]. В наибольшей мере уровень затрат энергии на вспомогательные нагрузки влияет на тяговую характеристику локомотива на промежуточных позициях контроллера.

Затраты энергии на привод мотор-вентиляторов охлаждающих устройств составляют существенную долю затрат в общем расходе энергии на вспомогательные нагрузки тепловоза. Благодаря использованию данных микропроцессорных систем управления появляется возможность прогнозирования затрат энергии на привод мотор-вентиляторов с достаточно высокой точностью.

В статье приведено решение данной задачи применительно к тепловозам серии ТЭП70БС, однако подобный подход может быть использован и для других серий локомотивов, имеющих гидростатический привод мотор-вентиляторов охлаждающих устройств.

Методика определения затрат энергии в гидростатическом приводе мотор-вентиляторов

Тепловозы ТЭП70БС имеют гидростатический привод вентиляторов охлаждения дизеля, включающий два гидронасоса, приводимых от вала дизеля через повышающий раздаточный редуктор, и два гидродвигателя. Расчетная схема гидропривода с плавным регулированием частоты вращения показана на рис. 1 [6].

Мощность, затрачиваемая дизелем на привод одного гидронасоса, может быть определена по следующей зависимости [7]:

$$N_{\text{нас}} = \frac{n_{\text{нас}} \cdot (p_{\text{вых}} - p_{\text{вх}}) \cdot q_{\text{ГН}}}{60 \cdot \eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где $n_{\text{нас}}$ — частота вращения вала гидронасоса (об/мин); $p_{\text{вх}}$ — давление масла на входе в гидронасос (Па); $p_{\text{вых}}$ — давление масла на выходе из гидронасоса; $q_{\text{гн}}$ — расход рабочей жидкости за один оборот вала; $\eta_{\text{мех}}$ — механический КПД гидронасоса; $\eta_{\text{об}}$ — объемный КПД гидронасоса; $\eta_{\text{рр}}$ — КПД раздаточного редуктора.

В гидроприводе тепловоза ТЭП70БС используются гидромашины Т-20М/Н, имеющие расход рабочей жидкости за один оборот вала $250 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{об}$.

Гидронасосы приводятся во вращение от вала дизеля через повышающий редуктор, следовательно, и их частота вращения определяется по зависимости:

$$n_{\text{нас}} = n_{\text{диз}} \cdot \mu_{\text{рр}}, \quad (2)$$

где $\mu_{\text{рр}}$ — повышающее передаточное число раздаточного редуктора ($\mu_{\text{рр}} = 1,38$).

Мощность, затрачиваемая на вращение колеса осевого вентилятора КТЗ-1-70, с учетом возникающих в гидравлическом приводе потерь энергии определяется по формуле:

$$N_{\text{вк}} = N_{\text{нас}} \cdot \eta_{\text{рр}} \cdot \eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{гл}} \cdot \eta_{\text{об}}^{\text{гм}} \cdot \eta_{\text{мех}}^{\text{гм}}, \quad (3)$$

где $\eta_{\text{об}}^{\text{гм}}$ — объемные потери гидромотора; $\eta_{\text{мех}}^{\text{гм}}$ — механические потери гидромотора; $\eta_{\text{гл}}$ — КПД гидравлической линии.

С учетом низкой скорости движения жидкости в гидроприводе КПД гидравлической линии $\eta_{\text{гл}}$ может быть принят равным 0,99 [7].

Согласно [8] для используемого в приводе гидронасоса Т-20М/Н на 15-й позиции контроллера при полностью подклиненных вилках перепускных клапанов давление в системе должно быть не менее $110 \text{ кгс}/\text{см}^2$ (11,0 МПа), а механический и объемный КПД гидронасосов и гидромоторов составляет 0,96. КПД раздаточного редуктора с достаточной степенью точности может быть принят равным 0,98.

После подстановки данных получим следующее значение номинальной мощности гидронасоса Т-20М/Н:

$$N_{\text{насном}} = \frac{1380 \cdot (11 \cdot 10^6 - 0,15 \cdot 10^6) \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{60 \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,98} = 69076 \text{ Вт.}$$

Мощность механических потерь в гидронасосе $\Delta N_{\text{гнмех}}$ и мощность потерь в раздаточном редукторе $\Delta N_{\text{рр}}$ можно определить по следующим зависимостям:

$$\Delta N_{\text{гнмех}} = N_{\text{насном}} \cdot \eta_{\text{рр}} \cdot (1 - \eta_{\text{мех}}) = 69\,076 \cdot 0,98 \cdot (1 - 0,96) = 2708 \text{ Вт.} \quad (4)$$

$$\Delta N_{\text{рр}} = N_{\text{насном}} \cdot (1 - \eta_{\text{рр}}) = 69\,076 \cdot (1 - 0,98) = 1382 \text{ Вт.} \quad (5)$$

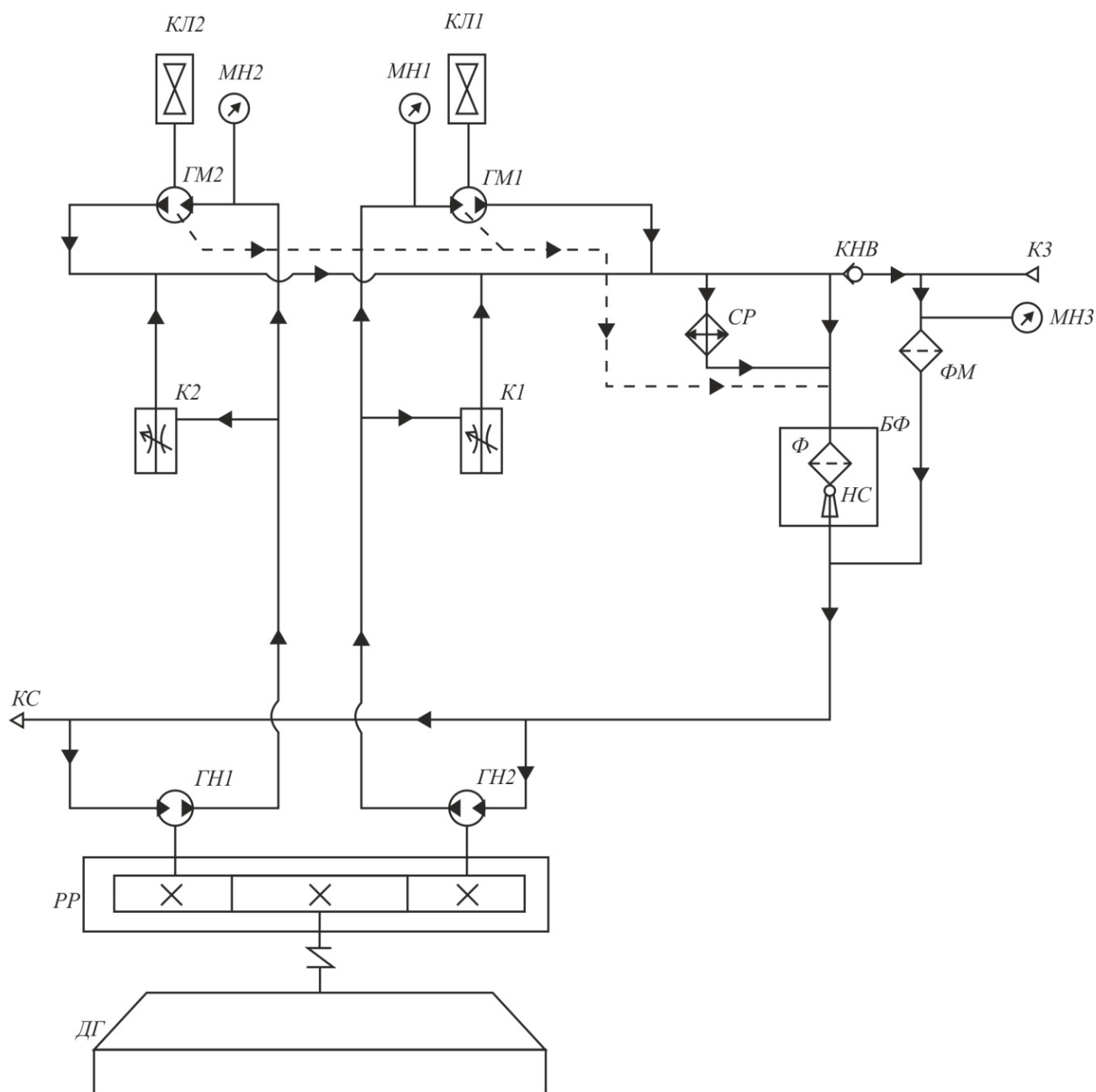


Рис. 1. Схема гидростатического привода вентиляторов охлаждения
дизеля тепловоза ТЭП70БС:

ДГ — дизель генератор; РР — раздаточный редуктор; ГН1, ГН2 — гидронасос Т-20М/Н; КС — клапан сливной; К1, К2 — клапан перепускной; ГМ1, ГМ2 — гидромотор Т-20М; КЛ1, КЛ2 — вентиляторное колесо; МН1, МН2, МН3 — манометр; СР — секция радиатора охлаждения масла гидропривода; КНВ — клапан невозвратный; КЗ — клапан заправочный; БФ — бак-фильтр; Ф, ФМ — фильтры; НС — насос струйный

Момент механических потерь, затрачиваемый на преодоление мощности механических потерь в гидронасосе и раздаточном редукторе $\Delta M_{\text{мех}}$, составит:

$$\Delta M_{\text{мех}} = \frac{\Delta N_{\text{ГНМех}} + \Delta N_{\text{рр}}}{n_{\text{нас}}} \cdot \frac{30}{\pi} = \frac{2708 + 1382}{1380} \cdot \frac{30}{\pi} = 28,3 \text{ Нм.} \quad (6)$$

Подставив значения, характеризующие номинальный режим работы гидропривода, получим, что непосредственно на вращение вентиляторного колеса в номинальном режиме затрачивается:

$$N_{\text{вкном}} = 69\,076 \cdot 0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,99 \cdot 0,96 \cdot 0,96 = 56\,921 \text{ Вт.}$$

При этом, согласно [9], номинальная частота вращения вентиляторного колеса $n_{\text{вкном}}$ составит 820 об/мин.

Приведенные выше значения мощности гидронасосов и гидромоторов характеризуют номинальный режим работы вентилятора. Между тем в гидравлическом приводе мотор-вентиляторов при помощи перепускных клапанов $K1, K2$ (рис. 1) осуществляется плавное регулирование частоты вращения колес вентиляторов в зависимости от температуры теплоносителей.

В соответствии с [10], мощность $N_{\text{вк}}$, необходимая для вращения вентиляторного колеса с частотой вращения $n_{\text{вк}}$, отличной от номинальной, может быть определена по формуле:

$$N_{\text{вк}} = N_{\text{вкном}} \cdot \left(\frac{n_{\text{вк}}}{n_{\text{вкном}}} \right)^3. \quad (7)$$

Зависимостью момента механических потерь в насосном агрегате от давления рабочей жидкости можно пренебречь и считать момент механических потерь постоянным и равным величине, полученной в выражении (6). При этом объемные потери в гидроприводе допустимо принять прямо пропорциональными мощности гидромашин, т. е. объемный КПД гидромашин можно считать постоянным.

Приняв подобные допущения и выполнив элементарные преобразования, получим следующую зависимость для определения мощности, отбираемой на привод гидронасоса при частичных режимах работы дизель-генератора и вентилятора:

$$N_{\text{нас}} = \frac{N_{\text{вкном}}}{\eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{об}}^{\text{ГМ}}} \cdot \left(\frac{n_{\text{вк}}}{n_{\text{вкном}}} \right)^3 + \Delta M_{\text{мех}} \cdot \frac{\pi \cdot n_{\text{нас}}}{30}. \quad (8)$$

Выражение (8) позволяет определить мощность, затрачиваемую на вращение гидронасоса, в том числе в режиме холостого хода, когда масло от гидронасоса к гидромотору не поступает, а полностью направляется на слив.

Определение затрат мощности на привод мотор-вентиляторов по данным микропроцессорной системы управления

Система МСУ-ТЭ контролирует текущие значения частоты вращения вала дизеля и колес вентиляторов, что позволяет с помощью выражения (6) определить мгновенное значение мощности, затрачиваемой дизелем на привод гидронасоса. Для определения среднего значения мощности, отбираемой на привод гидронасоса на текущей позиции контроллера, можно использовать выражение:

$$N_{\text{насср}} = \frac{\sum_{i=1}^m (N_{\text{наси}} \cdot \Delta t_i)}{\sum_{i=1}^m \Delta t_i}, \quad (9)$$

где $N_{\text{наси}}$ — мгновенное значение мощности, затрачиваемой на привод гидронасоса на данной позиции контроллера; Δt_i — шаг по времени, m — число записей для данной позиции контроллера.

Были обработаны результаты записи данных микропроцессорных систем управления для пяти тепловозов серии ТЭП70БС.

На рис. 2 и 3 показаны группированные статистические ряды распределения частот вращения вентиляторов первого и второго контуров охлаждения тепловоза ТЭП70БС № 176 на 9-й позиции контроллера, а на рис. 4 и 5 для 13-й позиции контроллера того же тепловоза.

Как следует из рис. 2, на 9-й позиции контроллера первый вентилятор вращается преимущественно с частотой вращения от 300 до 400 об/мин, при этом вентилятор находится без вращения менее чем в 7 % от общего времени работы на позиции. При этом второй вентилятор (рис. 3) находится без вращения более 37 % работы дизеля в данном режиме, а основной диапазон частоты вращения находится в диапазоне от 200 до 300 об/мин.

На 13-й позиции контроллера (рис. 4 и 5) интенсивность использования мотор-вентиляторов существенно увеличивается. Диапазон работы первого мотор-вентилятора приходится на диапазон от 300 до 500 об/мин, а время нахождения без вращения — менее 3 %. Второй вентилятор работает в диапазоне от 200 до 500 об/мин, а время нахождения без вращения составляет менее 1 %.

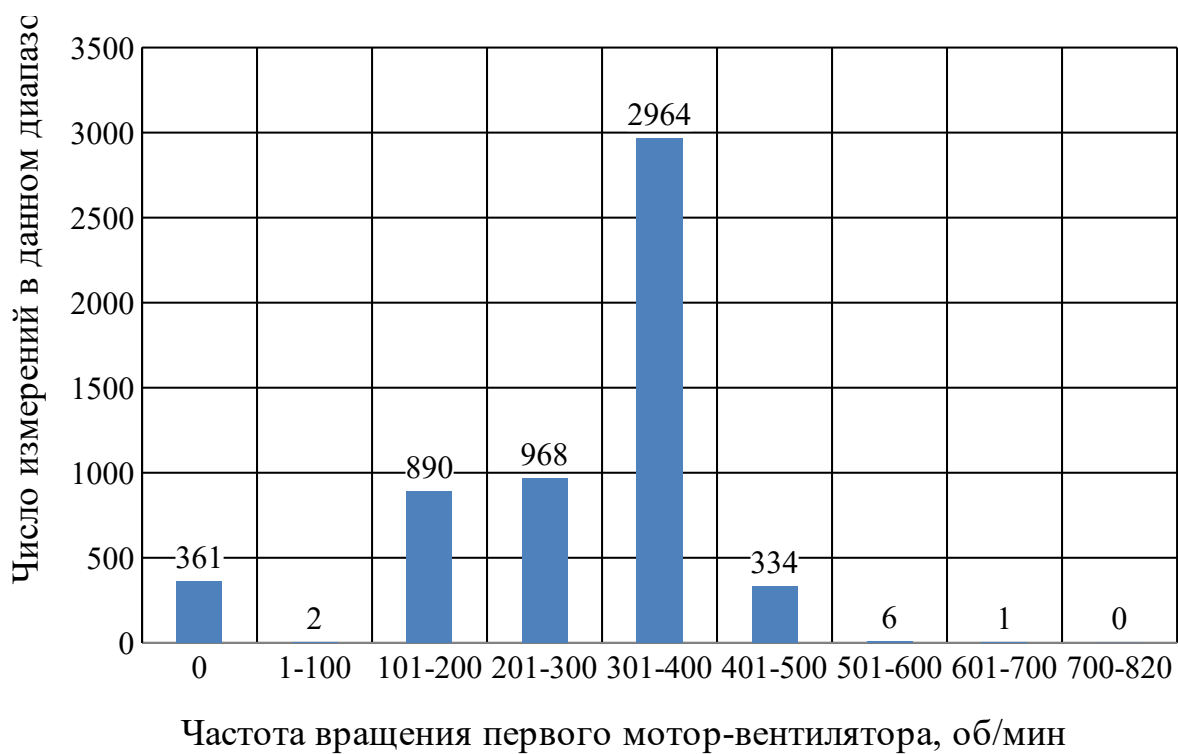


Рис. 2. Группированный статистический ряд частоты вращения первого мотор-вентилятора тепловоза ТЭП70БС № 176 на 9-й позиции контроллера

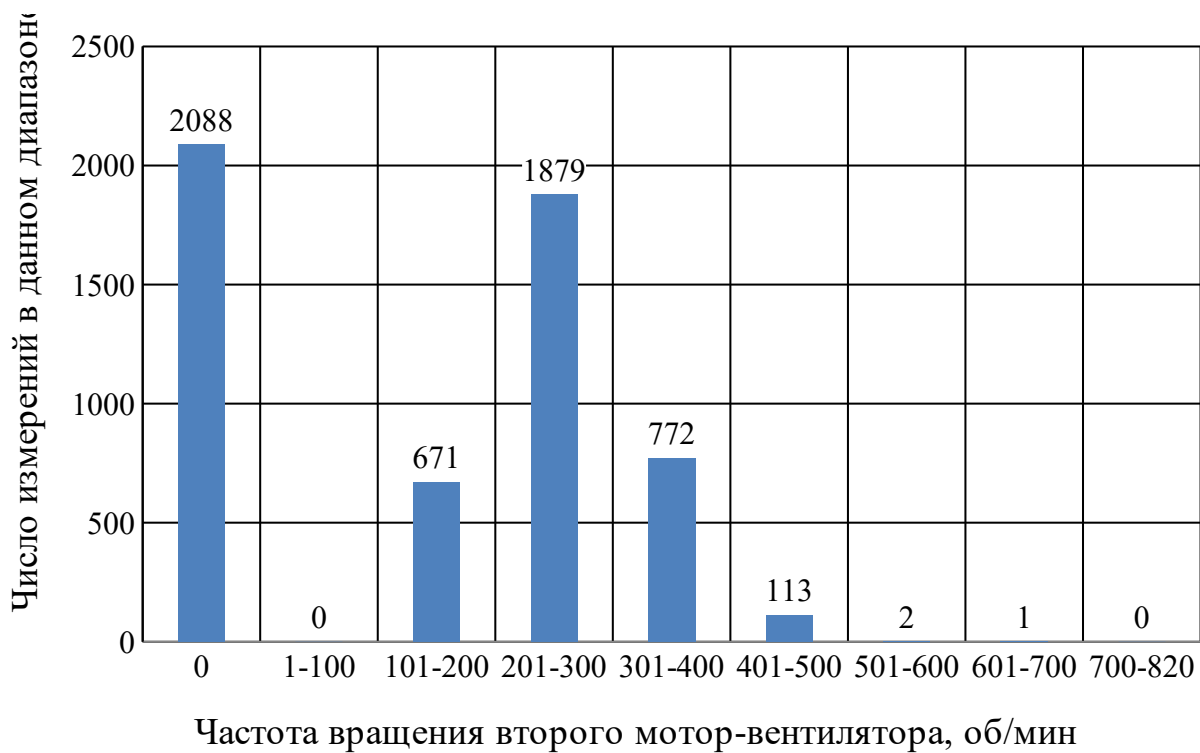


Рис. 3. Группированный статистический ряд частоты вращения второго мотор-вентилятора тепловоза ТЭП70БС № 176 на 9-й позиции контроллера



Рис. 4. Группированный статистический ряд частоты вращения первого мотор-вентилятора тепловоза ТЭП70БС № 176 на 13-й позиции контроллера



Рис. 5. Группированный статистический ряд частоты вращения второго мотор-вентилятора тепловоза ТЭП70БС № 176 на 13-й позиции контроллера

ТАБЛИЦА 1. Результаты определения среднего значения мощности, затрачиваемой на привод первого мотор-вентилятора тепловозов ТЭП70БС

ПКМ	Мощность первого мотор-вентилятора (Вт), тепловоза ТЭП70БС №					
	№ 176	№ 317	№ 324	№ 325	№ 327	Среднее
1	1690	3071	1711	2080	1979	1749,4
2	3849	7420	3118	2964	2853	2531,6
3	3647	9792	4253	4230	3396	2788,8
4	5884	6969	4013	4772	3877	2896
5	4767	8476	4525	4616	4686	3115,2
6	7003	8742	6189	4772	4824	3044,8
7	6136	10 817	7516	5153	5764	3331,4
8	8301	11 033	8254	5028	5780	3410
9	6809	11 084	8049	5845	7922	3806,4
10	10 301	11 746	8412	6241	6593	3763,4
11	8058	12 043	9033	7526	8738	4305,4
12	12 208	14 536	8538	8152	7874	4207,8
13	10 576	12 559	9149	9056	9881	5693
14	14 521	22 860	10 534	8939	13 093	4635
15	14 740	21 192	12 811	13 977	15 998	7542

ТАБЛИЦА 2. Результаты определения среднего значения мощности, затрачиваемой на привод второго мотор-вентилятора тепловозов ТЭП70БС

ПКМ	Мощность первого мотор-вентилятора (Вт), тепловоза ТЭП70БС №					
	№ 176	№ 317	№ 324	№ 325	№ 327	Среднее
1	1594	1889	1598	1854	1812	2106,2
2	2443	2864	2463	2400	2488	4040,8
3	2790	3150	2694	2753	2557	5063,6
4	2775	3262	2661	2907	2875	5103
5	3392	3682	2869	2936	2697	5414
6	2887	3071	3296	3038	2932	6306
7	4042	3158	3372	3117	2968	7077,2
8	3184	3486	3792	3351	3237	7679,2
9	4718	3800	3729	3538	3247	7941,8
10	3528	4032	3837	3699	3721	8658,6
11	5789	4179	4073	3963	3523	9079,6
12	3803	4257	4444	4257	4278	10 261,6
13	8465	6787	4877	4501	3835	10 244,2
14	5217	4065	5148	4741	4004	13 989,4
15	10 810	7693	6640	8392	4175	15 743,6

ТАБЛИЦА 3. Результаты определения среднего значения мощности, затрачиваемой на привод двух мотор-вентиляторов гидропривода тепловозов ТЭП70БС

ПКМ	Мощность двух мотор-вентиляторов (Вт), тепловоза ТЭП70БС №					Среднее
	№ 176	№ 317	№ 324	№ 325	№ 327	
1	3284	4960	3309	3934	3791	3855,6
2	6292	10 284	5581	5364	5341	6572,4
3	6437	12 942	6947	6983	5953	7852,4
4	8659	10 231	6674	7679	6752	7999
5	8159	12 158	7394	7552	7383	8529,2
6	9890	11 813	9485	7810	7756	9350,8
7	10 178	13 975	10 888	8270	8732	10 408,6
8	11 485	14 519	12 046	8379	9017	11 089,2
9	11 527	14 884	11 778	9383	11 169	11 748,2
10	13 829	15 778	12 249	9940	10 314	12 422
11	13 847	16 222	13 106	11 489	12 261	13 385
12	16 011	18 793	12 982	12 409	12 152	14 469,4
13	19 041	19 346	14 026	13 557	13 716	15 937,2
14	19 738	26 925	15 682	13 680	17 097	18 624,4
15	25 550	28 885	19 451	22 369	20 173	23 285,6

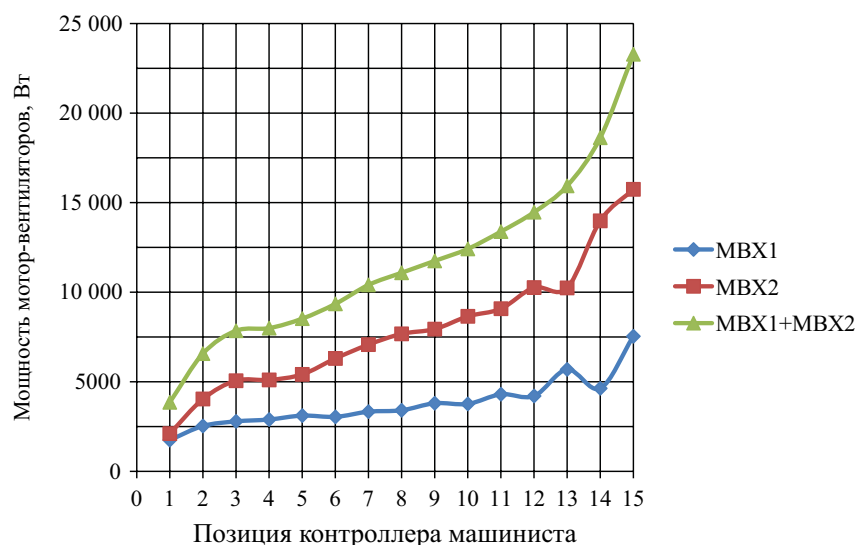


Рис. 6. Средняя для выборки тепловозов мощность, затрачиваемая на привод мотор-вентиляторов:

MBX1 — мощность первого мотор-вентилятора; MBX2 — мощность второго мотор-вентилятора; MBX1+MBX2 — общая мощность двух мотор-вентиляторов

Результаты обработки статистических данных по определению средних затрат мощности для пяти исследуемых тепловозов приведены в табл. 1–3. Мощность на привод двух мотор-вентиляторов получена путем суммирования результатов табл. 1 и 2. В случае, когда отсутствуют данные для конкретного тепловоза, можно воспользоваться средними значениями мощности, отбираемой на привод вентиляторов, показанными в правых столбцах табл. 1–3 и на рис. 6.

Выводы

1. Разработана и апробирована методика, позволяющая определять затраты энергии на гидростатический управляемый привод охлаждающих устройств дизеля тепловоза ТЭП70БС.

2. Среднее значение мощности, затрачиваемой на привод мотор-вентиляторов, существенно отличается для различных тепловозов одной серии, при этом сами затраты мощности могут достигать 29 кВт при номинальной частоте вращения коленчатого вала дизеля.

3. Полученные результаты позволяют повысить точность расчета тяговой характеристики локомотива за счет уточнения затрат энергии на гидростатический привод вентиляторов охлаждения дизеля.

Работа выполнена в рамках гранта ОАО «РЖД» на развитие научно-педагогических школ в области железнодорожного транспорта.

Библиографический список

1. Баранов Л. А. Оптимизация управления движением поездов / Л. А. Баранов, Е. В. Ерофеев, И. С. Мелешин, Л. М. Гинь; под ред. Л. А. Баранова. — М.: МИИТ, 2011. — 164 с.

2. Юренко К. И. Математическое моделирование энергооптимальных режимов ведения поезда с учетом возмущений / К. И. Юренко, А. Н. Савоськин, Е. И. Фандеев // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — 2015. — № 3. С. 34–44.

3. Мугинштейн Л.А., Илютович А.Е., Ябко И.А. Энергооптимальные методы управления движением поездов. Москва, Интекст, 2012, 80с.

4. Грачев В. В. Прескриптивный контроль энергоэффективности силовой установки тепловоза с использованием интеллектуальных методов обработки измерительной информации встроенных средств диагностики: монография / В. В. Грачев. — СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2019. — 106 с.

5. Перминов В. А. Влияние технического состояния вспомогательного оборудования тепловозов на их энергоэффективность в эксплуатации / В. А. Перминов, В. В. Грачев, Д. Н. Курилкин, И. Э. Нестеров // Вестник научно-исследовательского и конструкторско-технологического института подвижного состава. — 2015. — № 97. — С. 45–58.

6. 2ТЭ70.10.70.000ГЗ. Гидропривод вентиляторов. Схема гидравлическая принципиальная.

7. Вильнер Я. М. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я. М. Вильнер, Я. Т. Ковалев, Б. Б. Некрасов; под ред. Б. Б. Некрасова. Минск: Вышейш. школа, 1976. — 416с.

8. Быков В. Г. Пассажирский тепловоз ТЭП70 / В. Г. Быков, Б. Н. Морощкин, Г. Е. Серделевич и др. — М.: Транспорт, 1976. — 232 с.

9. Тепловоз ТЭП70БС. Руководство по эксплуатации ТЭП70А.00РЭ. Часть 1. Техническое описание. ОАО «Коломенский завод». — 2009. — 370 с.

10. Соломахова Т. С. Центробежные вентиляторы. Аэродинамические схемы и характеристики. Справочник / Т. С. Соломахова, К. В. Чебышева. — М.: Машиностроение, 1980. 176 с.

Дата поступления: 15.04.2022

Решение о публикации: 05.07.2022

Контактная информация:

КУРИЛКИН Дмитрий Николаевич — канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой;

kurilkin@pgups.ru

КУЛЕШ Роман Викторович — аспирант; lt@pgups.ru

ДВОРКИН Павел Вадимович — канд. техн. наук, доц.; lt@pgups.ru

РОМАНОВА Анна Анатольевна — канд. техн. наук, доц.; lt@pgups.ru

САДОВСКИЙ Андрей Денисович — инженер; lt@pgups.ru

Determination of Energy Expenditures on Hydrostatic Drive of Cooling Device Motor-Fans of Diesel Locomotive TEP70BS According to Microprocessor Control System Data

D. N. Kurilkin, R. V. Kulesh, P. V. Dvorkin, A. A. Romanova, A. D. Sadovskiy

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Kurilkin D. N., Kulesh R. V., Dvorkin P. V., Romanova A. A., Sadovsky A. D. Determination of Energy Expenditures on Hydrostatic Drive of Cooling Device Motor-Fans of Diesel Locomotive TEP70BS According to Microprocessor Control System Data. *Bulletin of scientific research results*, 2022, iss. 3, pp. 89–102. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2022-3-89-102

Summary

Purpose: Development, testing methodology for the definition of energy expenditure on hydrostatic drive of cooling device motor fans of diesel locomotive TEP70BS. Energy expenditures on drive of cooling devices motor-fans constitute significant part in the total volume of energy expenditures for auxiliary needs. When determining diesel cooling device power, picked for motor-fan drive, it is necessary to take into account the influence of motor-fan drive technical condition and diesel cooling system general technical condition. The given task can be solved by the way of statistical analysis of the information, being registered by TEP70BS locomotive on-board diagnostics subsystem when performing corresponding analytical calculations. At the same, it is necessary to account for the peculiarities of functioning of motor-fan hydrostatic drive under various loading modes. **Methods:** Statistical processing and analysis of measurement results. Analytical calculation of a hydrostatic system on the basis of processing of measurement results. Reduction of hydrostatic drive parameters to non-nominal modes. **Results:** Methodology of energy expenditure analytical calculation on the basis of statistical analysis of data on motor fan operating modes is proposed. Probable values of power, spent

on motor-fan drive for various controller positions, are determined. It is shown that for controller nominal position, average power consumption for being considered sample of five locomotives will constitute 23.2 kW per two fan motors. **Practical importance:** The use of the presented methodology allows to raise significantly the determination accuracy for power, being picked for auxiliary needs and, as a result, to increase calculation accuracy for traction characteristics and fuel consumption characteristics of TEP70BS diesel locomotive.

Keywords: Energy efficiency, hydrostatic drive of cooling device fan motors, TEP70BS diesel locomotive, energy expenditures.

References

1. Baranov L. A., Erofeev E. V., Meleshin I. S., Gin' L. M. *Optimizatsiya upravleniya dvizheniem poezdov* [Optimization of train traffic control]. Moscow: MIIT Publ., 2011. 164 p. (In Russian)
2. Yurenko K. I., Savos'kin A. N., Fandeev E. I. Matematicheskoe modelirovanie energooptimal'nykh rezhimov vedeniya poezda s uchetom vozmushcheniy [Mathematical modeling of energy-optimal train driving modes taking into account disturbances]. *Izv. vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [Izv. universities. North Caucasian region. Technical science]. 2015, I. 3, pp. 34–44. (In Russian)
3. Muginshteyn L. A., Ilyutovich A. E., Yabko I. A. *Energooptimal'nye metody upravleniya dvizheniem poezdov* [Energy-optimal methods of train traffic control]. Moscow, Intekst Publ., 2012. 80 p. (In Russian)
4. Grachev V. V. *Preskriptivnyy kontrol' energoeffektivnosti silovoy ustanovki teplovoza s ispol'zovaniem intellektual'nykh metodov obrabotki izmeritel'noy informatsii vstroennykh sredstv diagnostiki* [Prescriptive control of the energy efficiency of a diesel locomotive power plant using intelligent methods for processing measurement information of built-in diagnostic tools]. St. Petersburg: FGBOU VO PGUPS Publ., 2019. 106 p. (In Russian)
5. Perminov V. A. Vliyanie tekhnicheskogo sostoyaniya vspomogatel'nogo oborudovaniya teplovozov na ikh energoeffektivnost' v ekspluatatsii [Influence of the technical condition of auxiliary equipment of diesel locomotives on their energy efficiency in operation]. *Vestnik nauchno-issledovatel'skogo i konstruktorsko-tekhnologicheskogo instituta podvizhnogo sostava* [Bulletin of the Research and Design Institute of Rolling Stock]. 2015, I. 97, pp. 45–58. (In Russian)
6. 2TE70.10.70.000G3 – *Gidroprivod ventilyatorov. Skhema gidravlicheskaya printsipial'naya* [2TE70.10.70.000G3 - Fan hydraulic drive. Hydraulic circuit diagram]. (In Russian)
7. Vil'ner Ya. M., Kovalev Ya. T., Nekrasov B. B. *Spravochnoe posobie po gidravlike, gidromashinam i gidroprivodam* [Reference manual for hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives]. Minsk, «Vysheysh. shkola» Publ., 1976. 416 p. (In Russian)
8. Bykov V. G., Moroshkin B. N., Serdelevich G. E., Khlebnikov Yu. V., Shiryaev V. M. *Passazhirskiy teplovoz TEP70* [Passenger diesel locomotive TEP70]. Moscow: Transport Publ., 1976. 232 p. (In Russian)

9. *Teplovoz TEP70BS. Rukovodstvo po ekspluatatsii TEP70A.00RE. Chast' 1. Tekhnicheskoe opisanie. OAO «Kolomenskiy zavod»* [Diesel locomotive TEP70BS. Operation manual TEP70A.00RE. Part 1. Technical description. JSC “Kolomensky Zavod”]. 2009. 370 p. (In Russian)

10. Solomakhova T. S., Chebysheva K. V. *Tsentrobezhnyye ventilyatory. Aerodinamicheskie skhemy i kharakteristiki* [Centrifugal fans. Aerodynamic schemes and characteristics. Directory.]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1980. 176 p. (In Russian)

Received: April 15, 2022

Accepted: July 05, 2022

Author's information:

Dmitry N. KURILKIN — PhD in Engineering, Associate Professor, Department Head;
kurilkin@pgups.ru

Roman V. KULESH — Postgraduate Student; lt@pgups.ru

Pavel V. DVORKIN — PhD in Engineering, Associate Professor; lt@pgups.ru

Anna A. ROMANOVA — PhD in Engineering, Associate Professor; lt@pgups.ru

Andrey D. SADOVSKY — Engineer; lt@pgups.ru