

УДК 621.431.7

А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко
(УО «БГАТУ»,
г. Минск, Республика Беларусь)

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАПОТА НА ПОКАЗАТЕЛИ МОТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Введение

Воздушное пространство вокруг дизеля трактора следует рассматривать как сплошную среду с источником теплоты. Являясь источником теплоты, дизель рассеивает ее через стенки блок-картера путем конвекции. В окружающей среде вокруг него образуется тепловое поле [1]. Границы теплового поля условно определяются капотом, ограничивающим моторный отсек.

Объем, занимаемый дизелем при полном ограждении (капсулировании) или при установке боковин капота, можно рассматривать как отсек ограниченного объема. Отделение дизеля от окружающего пространства стенками капота существенно изменяет условия работы и его температурный режим.

Объект и методы исследований

Часть теплоты от двигателя уносится охлаждающей жидкостью, маслом и рассеивается радиаторами. Рассеиваемая радиаторами теплота в силу конструктивных особенностей воздушного тракта также поступает с нагретым воздухом под капот. В итоге, вокруг дизеля образуется тепловое поле с достаточно высокой температурой. Температура поля уменьшается с увеличением расстояния от источника и на определенном расстоянии становится равной окружающей. Интенсивность рассеивания теплоты поверхностей дизеля увеличивается с понижением температуры окружающей среды. Исследование влияния конструкции капота на мощностные и экономические показатели моторной установки трактора, в том числе в совокупности с температурным режимом дизеля, представляется актуальным.

Расчет температурного режима дизеля. Воздушный тракт современного трактора представляет собой насыщенный конструктивными элементами отсек. Это в значительной степени увеличивает сопротивление проходимых воздушных масс, нагнетаемых вентиляторной установкой.

Количество воздуха, которое должно проходить через воздушный тракт, определяется по формуле:

$$W_{BT} = \frac{\sum Q_{W.BT}}{c_{PW} \cdot \rho_W \cdot (T_{W2} - T_{W1})}, \quad (1)$$

где $\sum Q_{W.BT}$ – количество теплоты, передаваемое от блока радиаторов потоку воздуха, Дж;

c_{PW} – удельная теплоемкость воздушного теплоносителя, Дж/кг·К;
 ρ_W – плотность теплоносителя, кг/м³;
 T_{W1} – температура потока воздуха на входе в воздушный тракт, °С;
 T_{W2} – температура потока воздуха на выходе из воздушного тракта, °С.

Общее количество теплоты, передаваемое от блока радиаторов потоку воздушного теплоносителя, равно [2]:

$$\sum Q_{W.BT} = Q_{M.ДВ.} + Q_{M.ТР.} + Q_K + Q_{ОХЛ.},$$

где $Q_{M.ДВ.}$ – тепло, отводимое от масляного радиатора дизеля, Дж;

$Q_{M.ТР.}$ – тепло, отводимое от масляного радиатора трансмиссии или узлов гидропривода, Дж;

Q_K – тепло, отводимое от радиатора кондиционера, Дж;

$Q_{ОХЛ.}$ – тепло, отводимое от водяного радиатора дизеля, Дж.

Поскольку формула аэродинамического сопротивления (напора) имеет вид [3]

$$\Delta P_{BT} = \xi_B \cdot \rho_W \frac{g_W^2}{2}, \quad (2)$$

где ξ_B – коэффициент аэродинамического сопротивления;

g_W – средняя скорость воздуха через воздушный тракт,

становится очевидным, что аэродинамическое сопротивление повышается с увеличением скорости воздуха. На основании этого, а также учитывая, что скорость воздуха перед фронтом блока радиаторов определяется по формуле:

$$g_W = \frac{W_B}{F_{ФР.БТ}},$$

где W_B – производительность вентиляторной установки, м³/с;

$F_{ФР.БТ}$ – фронтальная площадь воздушного тракта, м²,

представляется возможным записать выражения для определения скорости воздуха и производительности вентиляторной установки. Формула скорости воздуха примет вид:

$$g_W = \sqrt{\frac{2\Delta P_{BT}}{\xi_B \cdot \rho_W}}, \quad (3)$$

а формула производительности вентиляторной установки предстанет в следующем виде:

$$W_B = F_{ФР.БТ} \sqrt{\frac{2\Delta P_{BT}}{\xi_B \cdot \rho_W}}. \quad (4)$$

Полученные зависимости позволяют записать условие обеспечения охлаждения блока радиаторов, установленных в воздушном тракте, т.е. $W_B \geq W_{BT}$ или в виде:

$$F_{ФР.БТ} \sqrt{\frac{2\Delta P_{BT}}{\xi_B \cdot \rho_W}} \geq \frac{\sum Q_{W.BT}}{c_{PW} \cdot \rho_W \cdot \Delta T_W}. \quad (5)$$

Параметры системы охлаждения трактора «Беларус-80.1» с дизелем Д-243 при полном и частичном ограждении капота и в серийном исполнении приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительные показатели различных конструкций капота

Параметры	Капсулирование	Капотирование боковинами	Серийное капотирование
Температура воды на выходе из дизеля, °С	91,2	93,5	91,6
	103,4	105,6	105
Перепад температур воды в радиаторе	3,6	3,9	3,8
	4,8		5,0
Температура масла на выходе из дизеля, °С	94	96	93,8
	90		90
Перепад температур масла в радиаторе	19	19	18,5
	13		17,5
Температура воздуха на выходе из радиатора, °С	64,5	66,3	64,9
	73,5		75,9
Перепад температур воздуха между входом и выходом из водяного радиатора	23,7	23,9	23,3
	32,5		31,9
Температура воздуха под капотом, °С	67	74	77,5
	77		89
Статический напор под капотом, Па	+63	+73	+27
Расход воздуха через воздушный тракт, м ³ /ч	3700	4300	4650
			3100

Примечание – в числителе – режим максимальной мощности, в знаменателе – режим максимального крутящего момента, $K = 17,8\%$.

Сравнение вариантов – полного ограждения капота (далее – капсулирования) с продувочным окном $0,16 \text{ м}^2$ в верхней части, частичного ограждения капота боковинами (далее – капотирования) и серийного капота показывает (таблица 3), что исследуемые варианты при максимальной мощности в температурном режиме дизеля равноценны и практически не отличаются от серийного исполнения. В режиме максимального крутящего момента ($K = 17,4\%$) при капотировании боковинами температурный режим охлаждающей жидкости превышает допустимое значение 105°C .

Эффективность теплопередачи от водяного радиатора при капсулировании и капотировании боковинами выше серийного исполнения. Этому способствует организованное движение воздушного потока через блок радиаторов и под капотом моторного отделения.

Следует отметить, что температурный режим дизеля можно регулировать путем изменения производительности вентилятора, а также за счет выбора ра-

циональных параметров отдельных элементов воздушного тракта. Одним из таких элементов является капот моторной установки.

Анализ вариантов капотирования моторных установок тракторов

Фактором, определяющим температурный режим дизеля, является температура воздуха внутри отсека моторного отделения. Тепловое состояние дизеля, работа находящихся в моторном отделении обслуживающих его агрегатов, напрямую зависят от организации воздушного потока, проходящего через блок радиаторов и отсек моторного отделения. Роль воздушного потока в подкапотном пространстве существенна, так как он отводит тепло от стенок дизеля, выпускного коллектора, масляного картера. Однако поток нагретого воздуха повышает температуру топлива в топливном насосе, фильтрах и топливопроводах. В результате уменьшается цикловая подача топливного насоса, изменяется начало впрыска, и растет неравномерность подачи топлива по цилиндрам [4, 5]. Температурные поля под капотом оказывают значительное влияние на топливно-экономические показатели работы дизеля. Температура воздуха в отсеке зависит от режима работы дизеля, температурного режима системы охлаждения, конструкции капота, температуры окружающей среды.

Температурный режим под капотом оценивается перепадом температур потока воздуха на входе в воздушный тракт и выходе из моторного отсека. Перепад температур зависит от количества теплоты, переданной потоку воздуха узлами охлаждения, и количества теплоты, введенной в моторный отсек прямым теплоотводом от дизеля.

Температура воздуха под капотом зависит от расходных характеристик вентилятора. Исследования [3] показывают, что температура воздуха в воздушном тракте и под капотом повышается по мере уменьшения расхода воздуха через блок радиаторов. При уменьшении расхода воздуха через блок радиаторов с $4650 \text{ м}^3/\text{ч}$ до $3700 \text{ м}^3/\text{ч}$ средняя температура воздуха под капотом повышается на $10,5^\circ\text{C}$. Дальнейшее снижение расхода воздуха через блок радиаторов приводит к более интенсивному увеличению температур (рисунок 6).

Анализ тепловыделения в моторном отсеке показывает, что теплота в моторный отсек поступает с потоком воздуха, нагретого при прохождении блока радиаторов от стенок блока дизеля и наиболее нагретых его элементов – выпускного коллектора, турбокомпрессора.

Анализ конструкций капотов моторного отсека ведущих зарубежных производителей тракторной техники (рисунок 7) свидетельствует о новых тенденциях в конструировании капотов дизеля. Для снижения шума работы дизеля очевидно преобладание конструкции с полным капотированием моторного отсека, а также с применением металлопластиковой облицовки, обеспечивающей требования современного дизайна.

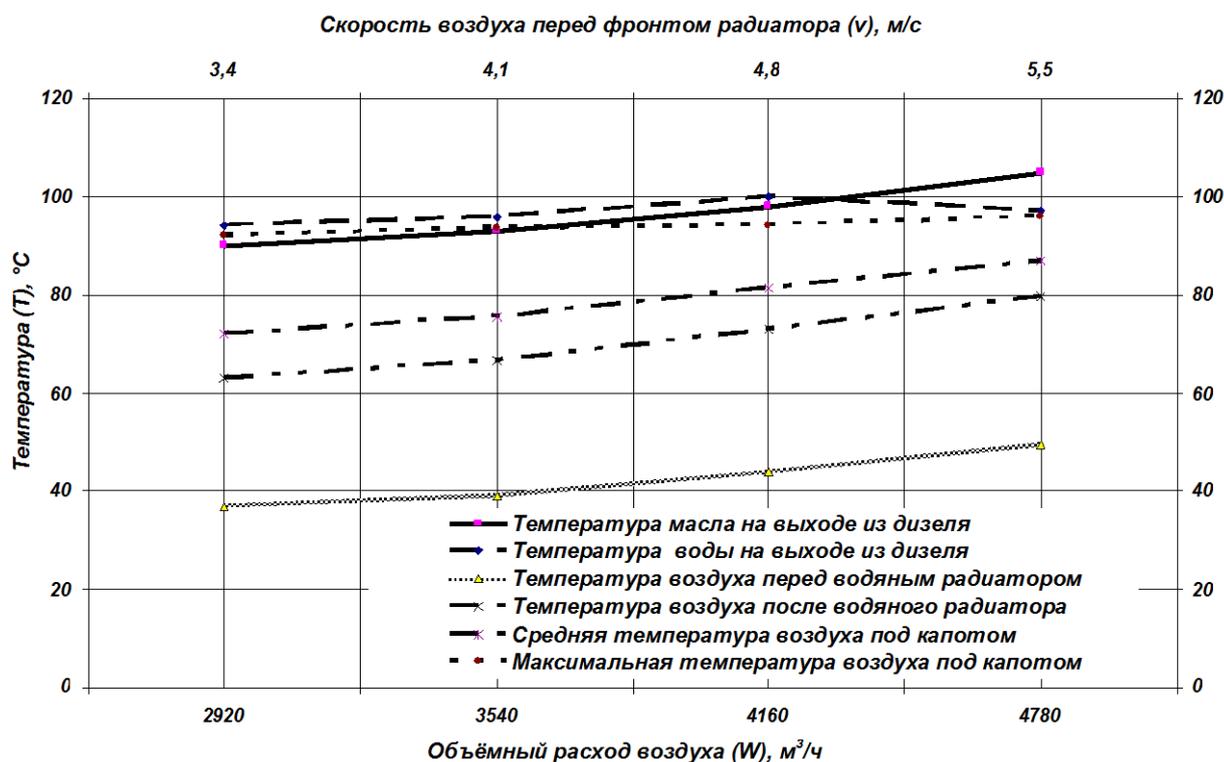


Рисунок 6 – Зависимость температуры воздуха под капотом и температурного режима дизеля Д-243 от расхода и скорости воздуха перед фронтом радиатора (часовая подача топлива 13,4 кг/ч, температура окружающей среды 35°С, барометрическое давление 740...744 мм рт. ст.)



а)



б)

Рисунок 7 – Конструктивное исполнение капотов моторного отсека немецкой фирмы «CLAAS» (а) и американской «JOHN DEERE» (б)

Однако полное капотирование моторного отсека влечет за собой ряд негативных явлений. Учитывая, что воздушный тракт тракторов загружен как тепловыделяющими узлами, так и другими деталями и устройствами, полное капотирование дизеля создает неблагоприятные условия для прохождения воздушного потока от радиатора. В связи с этим растет теплонапряженность дизеля, а также требуются дополнительные затраты мощности на привод вентилятора, что никак не соответствует требованиям экономичности.

При полном капотировании боковинами, которыми снабжаются моторные установки тракторов, исключается свободный выход воздуха из-под капота, нарушается организация воздушного потока моторного отсека для обеспечения вентиляции. Нагретые потоки воздуха повышают температуру топлива в топливоподводящей системе и топливном насосе, воздуха в воздушном фильтре и всасывающем коллекторе, которые размещены под капотом моторного отделения и подвержены воздействию микроклимата подкапотного пространства. Температура в зонах расположения этих агрегатов может быть различной и зависит от внешних условий, в которых работает трактор, от режима загрузки. Так, например, с повышением температуры окружающей среды на 1°C температура в моторном отсеке повышается примерно на $0,8^{\circ}\text{C}$ [2].

Влияние капота в обеспечении охлаждения моторной установки. По результатам проведенных исследований [3] воздушного тракта трактора с дизелем Д-260.1 мощностью 110,3 кВт (рисунок 8) отмечено, что с созданием жалюзи динамическое давление под капотом снижается в среднем в 2-3 раза, выравнивается массовая скорость воздуха. Однако с правой стороны дизеля проходу воздуха препятствует турбокомпрессор, вследствие чего поток выходит перед турбиной, а так как за ней вентиляция пространства под капотом недостаточна, то образуется зона нагретого воздуха.

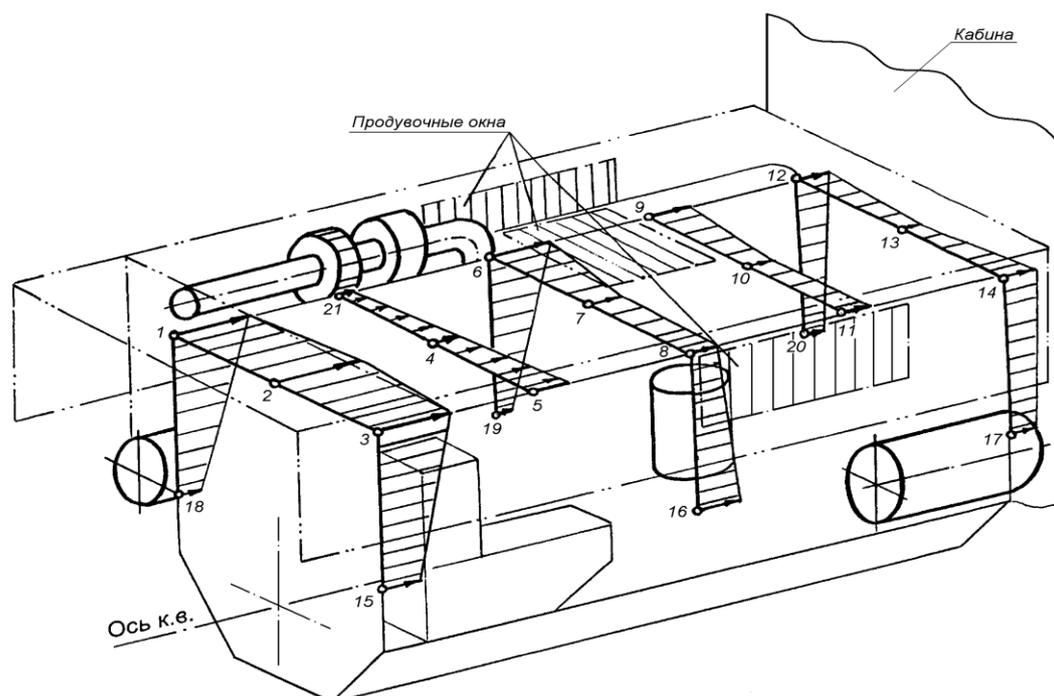


Рисунок 8 – Распределение массовой скорости воздуха под капотом моторной установки с дизелем Д-260.1

Анализ величин полей массовой скорости потока под капотом с жалюзи в моторном отсеке дизеля, укомплектованного 6-лопастным вентилятором диаметром 540 мм, при частоте вращения коленчатого вала двигателя 2100 мин.^{-1} (рисунок 9) показывает, что самая высокая массовая скорость на выходе воздушного потока из кожуха вентилятора – в точках 1, 2, 3. В последующих зо-

нах вдоль продольной оси дизеля она несколько снижается. В конце капота, в точках 12, 13 и 14, массовая скорость в 2,5-3 раза меньше, чем в его начале. Это свидетельствует о том, что часть воздушного потока вышла из-под моторного отделения через жалюзи боковин. Наиболее интенсивно обеспечивается выход воздуха с левой стороны дизеля. С правой стороны наличие впускного и выпускного коллекторов, турбокомпрессора и других узлов затрудняет выход воздуха из-под капота, создает завихрение воздушного потока.



Рисунок 9 – Массовая скорость потока воздуха по точкам замера

Сравнение распределения воздушных потоков в моторном отделении дизеля с капотом, выполненным без продувочных жалюзи и с ними, показывает, что с жалюзи вентиляция моторного отделения значительно улучшается. Снижение динамического давления под капотом позволяет повысить производительность вентилятора на 4,5% (в сравнении с производительностью вентилятора при капоте без жалюзи). При этом массовая скорость воздуха под капотом с левой и правой сторон дизеля выравнивается. За вентилятором массовая скорость воздуха уменьшается и в конце капота перед кабиной увеличивается при использовании жалюзи, что свидетельствует об активной вентиляции моторного отделения.

Таким образом, капот является одним из элементов, совершенствование которого улучшает эффективность системы охлаждения без каких-либо изменений в дизеле и радиаторах и снижает удельный расход топлива. Для обеспечения выхода горячего воздуха из-под капота целесообразно создавать жалюзи на боковинах в верхней панели капота.

Влияние капотирования на показатели моторной установки. Подогрев топлива в топливоподающей системе, как отмечалось ранее, оказывает существенное влияние на мощность дизеля. Подтверждением этому являются результаты исследований [4, 5, 6], которые сводятся к тому, что с помощью усовершенствования конструкции и улучшения технологии изготовления следует свести к минимуму влияние подогрева топлива на величину цикловой подачи топливного насоса, а также необходимо улучшить охлаждение агрегатов топливной аппаратуры. Стендовые исследования моторной установки трактора «Беларус-80.1» выявили изменение расхода топлива и мощности дизеля при изменении температурного режима установки, укомплектованной боковинами капота. Влияние боковин капота на мощностные и экономические показатели дизеля Д-243 определено путем снятия серии регуляторных характеристик для серийного исполнения капота, обеспечивающего свободный выход нагретого воздуха по сторонам, и капота с боковинами, при температуре окружающей среды 15, 25, 35 и 40°C.

Проведенные исследования показали, что боковины капота повышают аэродинамическое сопротивление под капотом трактора, ухудшая его вентиляцию; производительность вентилятора дизеля Д-243 снижается; средняя температура воздуха в номинальном режиме дизеля повышается на 2...3°C. Температурный режим дизеля в диапазоне температур окружающей среды от 17,5 до 40°C повышается на 3...4°C. Температура воды на выходе из дизеля при этом находится в пределах от 80°C ($t_{окр.} = 17,5°C$) до 102°C ($t_{окр.} = 40°C$), в устройстве без боковин температура воды соответственно от 76°C до 99°C (рисунок 10).

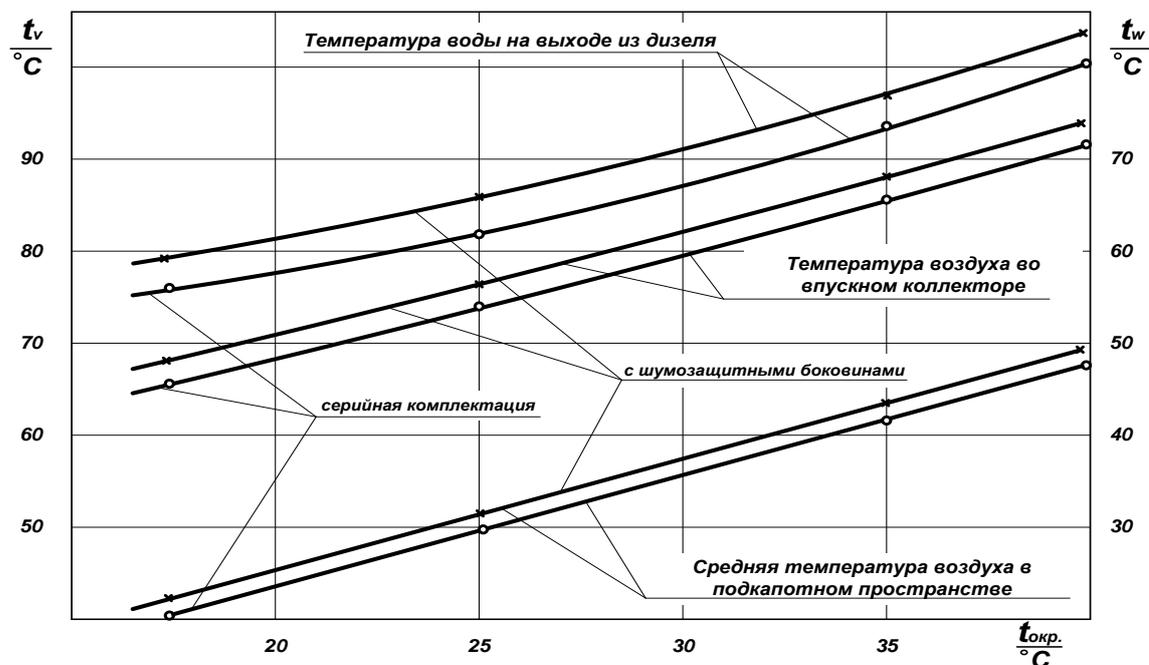


Рисунок 10 – Значения температур теплоносителей и температуры воздуха во впускном коллекторе дизеля Д-243 на номинальном режиме в зависимости от температуры окружающей среды

Из-за снижения цикловой подачи, увеличения количества дренажного топлива через форсунки и увеличения внутренних потерь в самом насосе на $2,5...3,5^{\circ}\text{C}$ повышается температура топлива в головке топливного насоса (рисунок 11) и, как следствие, снижается часовая подача топлива на дизеле. Снижение часовой подачи топлива насосом приводит к уменьшению мощности дизеля с $60,1 \text{ кВт}$ при $t_{\text{окр}} = 17,5^{\circ}\text{C}$ до $55,15 \text{ кВт}$ при $t_{\text{окр}} = 40^{\circ}\text{C}$. Без боковин в идентичных условиях мощность дизеля составила соответственно $61,76$ и $56,82 \text{ кВт}$.

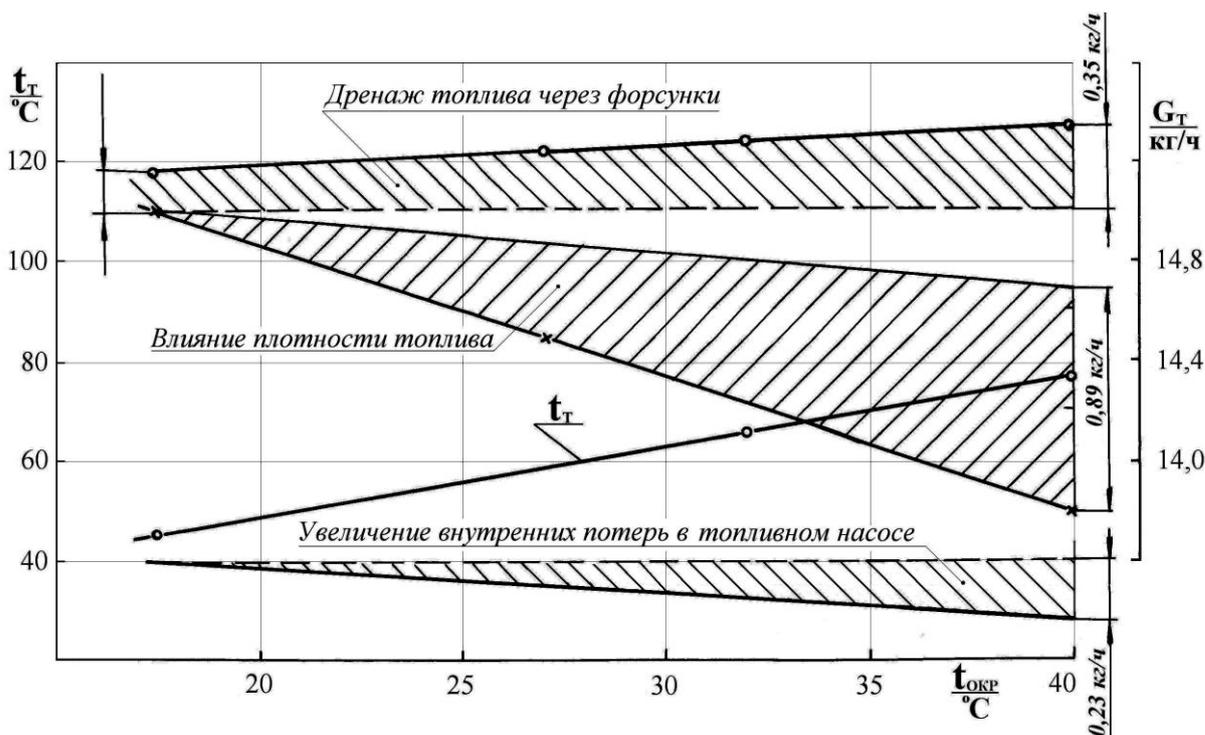


Рисунок 11 – Составляющие потерь производительности топливного насоса УТН-5 в номинальном режиме работы дизеля в зависимости от температуры окружающей среды

Исследованиями установлено, что температурный режим дизеля в условиях умеренного климата в номинальном режиме увеличивается по воде на 10°C , а по маслу – на 7°C , что является следствием повышения аэродинамического сопротивления под капотом моторного отсека и, соответственно, снижения расхода воздуха через воздушный тракт, повышения его температуры под капотом из-за ухудшения вентиляции и выхода из-под капота нагретого воздуха. Повышение температурного режима дизеля и температуры воздуха под капотом с боковинами повлияло на повышение температуры топлива в головке топливного насоса и снизило эксплуатационную мощность дизеля.

Боковины повышают статическое давление под капотом, что увеличивает аэродинамическое сопротивление воздушного тракта при одновременном снижении на $4,16\%$ производительности вентиляторной установки в номинальном режиме дизеля, а также на $2...3^{\circ}\text{C}$ повышают среднюю температуру воздуха под капотом.

По результатам исследований опытной боковины капота, менее влияющей на выходные рабочие параметры моторной установки, наблюдается уменьшение часовой подачи топлива на 0,23 кг/ч, снижение мощности дизеля на 1,6% и повышение температуры воды и масла на выходе из дизеля на 1,5°C.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что в случае капотирования двигателя боковинами уменьшение часовой подачи топлива насосом на 2,52...2,96% снижает максимальную мощность двигателя на 2,46...2,74%, снижение расхода охлаждающего воздуха и повышение температуры воздуха в моторном отсеке под капотом повышает температурный режим моторной установки на 3°C. Боковины капота должны иметь продувочные окна для вентиляции пространства под капотом. Оптимальными следует считать боковины с регулируемым положением открытых продувочных окон, что позволит регулировать как шум, так и температурный режим моторной установки в зависимости от условий работы трактора и загрузки двигателя.

Также весьма существенно влияние температурного режима под капотом на подогрев воздуха, поступающего через воздухоочиститель дизеля. Положение воздухоочистителя, когда он находится под капотом, а также положение моноциклона в зоне выхода нагретого воздуха из-под капота следует считать нерациональным.

Заключение

Полное капотирование и боковины капота моторных установок тракторов повышают температурный режим охлаждающей жидкости, снижают мощностные показатели дизелей. Это является следствием повышения аэродинамического сопротивления и исключения вентиляции под капотом, а также снижения расхода воздуха через воздушный тракт, повышения температуры топлива в топливном насосе и воздуха под капотом.

При установке боковин капота следует считать целесообразным поддержание температуры топлива в пределах, исключающих влияние на мощностные и экономические показатели дизеля трактора, обеспечив изоляцию или обдув топливной аппаратуры потоком воздуха.

Библиография

1. Якубович, А.И. Воздушные тракты моторных установок сельскохозяйственных тракторов и пути их совершенствования [Текст] /А.И. Якубович, П.А. Амельченко, И.П. Цаюн. – М.: ЦНИИТЭИТракторосельхозмаш, 1992. – 46 с.
2. Якубович, А.И. Тепловой режим тракторов класса 1,4 – 2. Проектирование, расчет и исследование систем охлаждения [Текст]: автореф. д ис. ...д-ра техн. наук. – Мн., 1993. – 46 с.
3. Якубович, А.И. Аэродинамика потока воздуха в воздушном тракте трактора [Текст] /А. И. Якубович, В. Е. Тарасенко // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого. – Гомель, 2007. – С. 38-42
4. Пономарев, О. П. Исследование влияния повышенных температур окружающего воздуха и топлива на показатели рабочего процесса четырехтактного дизеля и возможности корректирования топлива [Текст] / О.П. Пономарев, В.Я. Колупаев // Сборник научных трудов ЦНИТА. Вып. 13. – М., 1962. – с. 286

5. Карпов, Л. Н. Влияние температуры топлива и противодавления за форсункой на показатели работы топливного насоса распределительного типа ОНМ-3 (НЗТА-НАТИ) [Текст] / Л.Н. Карпов, Е.С. Комерзан // Сб. науч. трудов ЦНИТА. Вып. 15. – М., 1962.
6. Филимонов, А. И. Влияние температуры топлива на мощностные показатели тракторных дизелей [Текст] / А.И. Филимонов, А.И. Шведский // Тракторы и сельхозмашины. 1972. – №4.

УДК [674.815/816:631.879]:633/635

А.А. Жешко

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА НА КАЧЕСТВО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МУЛЬЧИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА В ЛЕНТЕ

Введение

Как показали теоретические исследования [1], на качество работы распределяющего рабочего органа оказывает влияние значительное количество факторов, учесть которые аналитически не всегда представляется возможным.

Зависимости, полученные теоретически, позволяют определить некоторые конструктивные параметры распределителя, выявить уровни, на которых следует варьировать факторы. Но они не дают целостного представления о совместном влиянии взаимодействующих факторов на качество распределения материала в ленте.

Факторы, непосредственно влияющие на качество распределения материала, можно разделить на две категории: зависящие и независящие от конструктивных параметров роторного распределяющего рабочего органа. К первой категории относятся высота слоя материала на поперечном транспортере, взаимное расположение вала распределителя относительно вала поперечного транспортера, частота вращения, количество и угол скоса лопастей, радиусы, описываемые лопастями ротора.

Погодные условия, физико-механические, аэродинамические свойства вносимого материала следует считать факторами второй категории, их влияние также учитывается.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось изучить влияние основных конструктивных параметров и режимов работы роторного распределяющего рабочего органа на качество формирования ленты.

Основная часть

Для проведения экспериментальных исследований была разработана установка, смонтированная на базе кормораздатчика КР-Ф-10. Она представляет собой съемный роторный распределитель, закрепленный под попереч-