

А. А. Федоров, А. И. Эпштейн, А. Ф. Тихонов,
В. Г. Золотогоров, Я. А. Волчек, В. В. Метлицкий

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРЕДПУСКОВОГО ПРОГРЕВА АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

По Минлеспрому СССР примерно 200 млн. м³ древесины заготавливается в северной части страны, где изотерма средней температуры января месяца находится в пределах минус 20°С и ниже, а продолжительность холодного периода составляет около половины года.¹⁾

В Красноярском крае, например, довольно частой является температура минус 40°С и ниже, а продолжительность холодного периода со среднесуточной температурой воздуха ниже 0°С составляет 59% годового периода. В Иркутской и Тюменской обл. на долю этого периода приходится 54%, в Хабаровском крае, Свердловской, Архангельской обл. и Коми АССР соответственно 50%.

Пуск двигателей тракторов и автомобилей в этих условиях при хранении на открытых стоянках и отсутствии эффективных средств для прогрева, как известно, сопровождается большими потерями времени, износом, а иногда и аварийными поломками двигателей.

В целях выявления длительности простоев тракторов в процессе подготовки и пуска нами были проведены хронометражные наблюдения в Червенском леспромхозе БССР и в Кировском леспромхозе КАССР [1].

В обоих леспромхозах прогрев двигателей осуществлялся ручной заливкой горячей воды, однако в первом случае вода нагревалась в бочках, а во втором — в водомаслогрейках

¹⁾ По данным института транспортных проблем холодная зона с изотермой средней температуры января месяца охватывает примерно 62,1% территории СССР.

Таблица 1

Результаты испытаний установки в БССР и КАССР

Дни на-блюде-ний	Тем-пера-тура воз-духа, °С	Чис-ло трак-торов	Усреднено на один трактор, мин			Рабо-чее время смены, мин	Под-ве-зено за сме-ну, ^з м
			всего на подготов-ку к ра-боте	в т.ч. на всю под-готови-тельн. работу и запуск пускача	на пуск дизе-ля и про-грев на х. об.		

Червенский леспромхоз БССР (тракторы ТДТ-40М)

1	0	4	14	7,5	6,5	441	169,7
2	-4	3	27	21,0	6,0	410	153,0
3	-5	4	15	6,0	9,0	165	22,1
4	-8	4	15	6,0	9,0	445	172,0
5	-11	4	19	12,0	7,0	446	107,2
6	-14	4	18	11,0	7,0	431	132,7
7	-20	4	28	20,0	8,0	427	62,1
8	-21	4	32	29,0	13,0	420	88,7
9	-24	3	60	49,0	11,0	390	84,0
10	-25	4	64	54,0	10,0	391	84,0

Кировский ЛПХ КАССР (тракторы ТДТ-55)

1	-5	5	13,4	8,0	5,4	429	244
2	-8	5	16,4	12,0	4,4	437	274
3	-8	5	16,8	12,2	4,6	423	252
4	-11	5	17,0	9,4	7,6	428	265
5	-15	5	20,2	16,0	4,2	423	231
6	-16	5	21,0	15,6	5,4	304	215
7	-16	5	22,2	18,0	6,2	423	273
8	-24	5	26,7	28,7	12,3	395	224
9	-24	5	38,0	32,0	10,5	393	169
10	-27	5	43,2	37,2	12,7	400	195

ВМ-2. Данные этих наблюдений приведены в табл. 1, а графики построения по этим данным — на рис. 1. Кривая I на графике характеризует прогрев тракторов ТДТ-40М вместе с сопутствующими операциями в Червенском леспромхозе, а кривая II — тракторов ТДТ-55 в Кировском.

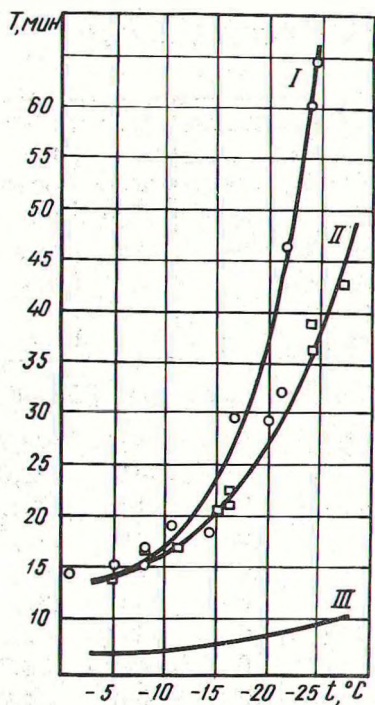


Рис. 1. График зависимости затрат времени на подготовку к пуску и нагрев двигателей на холостых оборотах в зависимости от температуры; I — тракторов ТДТ-40М в Червенском леспромхозе БССР; II — тракторов ТДТ-55 в Кировском леспромхозе КАССР; III — тракторов ТДТ-40М в Олонецком леспромхозе КАССР при обслуживании от установки БТИ.

Как видно из графика, в обоих случаях, несмотря на различие тракторов и средств прогрева в интервале небольших температур, затраты времени на подготовку и запуск двигателей с последующим дополнительным прогревом на холостых оборотах примерно одинаковы и составляют в интервале температур минус 5—10°С около 15 мин.

В дальнейшем по мере смещения в зону более низких минусовых температур общие затраты этого времени резко возрастают. При температуре минус 25°С по Червенскому леспромхозу эти затраты составляют около часа, а по Кировскому ЛПХ — около 40 мин. От продолжительности рабочего времени смены эти потери равны соответственно 16 и 11%, что в пересчете на кубометры по группе обслуживаемых тракторов составляет в первом случае 13,5 м³, а во втором — 21,4 м³.

Из табл. 1 видно, что в обоих случаях темп роста составляющих общих затрат, т.е. затрат времени на подготовку и пуск дизеля вместе с прогревом на холостых оборотах, неодинаков.

Темп роста затрат времени по первой составляющей значительно больше и удельный вес их при низких температурах в общих затратах времени составляет примерно 85%.

В составе этого времени существенный удельный вес занимают затраты времени непосредственно на немеханизированную заправку двигателей водой.

По данным КарНИЛПа в Северном леспромхозе КАССР усредненно на такую заправку тракторов ТДТ-55 затрачивалось 16 мин времени при затратах труда 19,0 чел/мин.

Существенные затраты времени по второй составляющей, т.е. на пуск и прогрев дизеля на холостых оборотах, можно объяснить только недостаточным прогревом горячей воды до пуска, при этом естественно не исключаются износы и в процессе самопрогрева, и на холостых оборотах, последние, согласно [2], составляют около 80% от общих пусковых износов.

Автор указанной работы отмечает, что один пуск холодного двигателя по износу эквивалентен его работе под нагрузкой в прогретом состоянии в течение 24 часов.

Как видно из приведенных данных, существующие способы пуска двигателей трелевочных тракторов сопровождаются весьма существенными потерями времени, снижением выработки и износом. Над рассматриваемой проблемой продолжительное время работали ЦНИИМЭ, ЛТА, МЛТИ и Гипролесмаш.

Были созданы и затем серийно выпускались передвижные установки ППУ и Т-120, где в качестве теплоносителя использовался пар. Производственная проверка показала, что применение таких установок в леспромхозах затруднено. Установка Т-120, кроме того, оказалась сложной и дорогой. В настоящее время выпуск их прекращен.

Учитывая острую необходимость решения рассматриваемой проблемы, в БТИ в течение 1970—1972 гг. была изготовлена опытная установка для группового прогрева тракторов. В отличие от известных в этой установке применен принцип циркуляционного подвода к тракторам жидкостного теплоносителя от работающего в форсированном режиме теплового блока. Другой особенностью установки является накапливание тепла в жидкостном теплоносителе заранее, в период конца предшествующей смены, что целесообразно и с точки зрения аккумуляции дополнительного тепла и хранения самой установки в межсменное время. Общий вид установки показан на рис. 2. Каждый из обслуживаемых тракторов связан с установкой двумя шлангами.

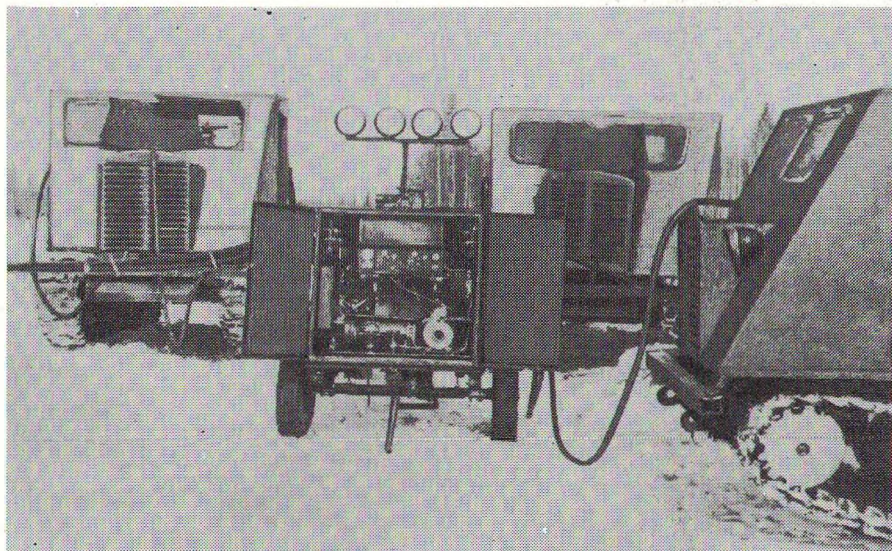


Рис.2. Общий вид установки в процессе обслуживания тракторов.

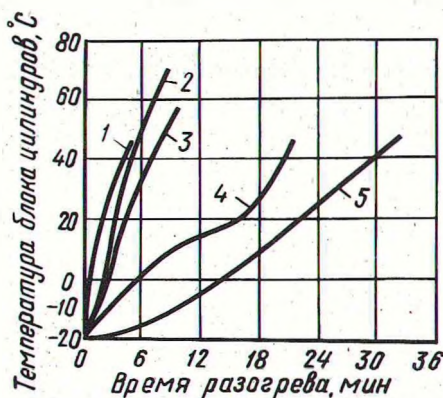


Рис.3. График разогрева двигателя автомобиля ГАЗ-63 различными теплоносителями: 1 — горячей водой через рубашку охлаждения с отключенным радиатором; 2 — подачей пара в рубашку охлаждения; 3 — горячей водой через радиатор; 4 — подачей горячего воздуха под поддон картера; 5 — подачей горячего воздуха в подкапотное пространство.

В процессе разработки принципиальной конструктивно-технологической схемы установки изучались и принимались во внимание результаты теоретических и опытных исследований, в частности экспериментальные данные [3], приведенные на рис.3 в виде графика зависимости температуры блока цилиндров от времени разогрева различными способами и теплоносителями.

Пучок кривых 1, 2 и 3 этого графика указывает, что горячая вода и пар обеспечивают прогрев блока цилиндров двигателя

ля от уровня исходной температуры минус 20°C до плюс 50—60°C в течение 5—10 мин. Применение воздухопрогрева по вариантам 4 и 5 удлиняет это время в 2—3 раза. При более низких температурах это время возрастает до 1,5—2,0 ч.

Весьма существенным недостатком воздухопрогрева является также низкий тепловой к.п.д. Такие особенности воздухопрогрева с учетом необходимости подготовки горячей воды снижают его эффективность и при небольшом числе обслуживаемых машин делают его более дорогим в сравнении с другими способами.

Испытания установки БТИ в Белоруссии и Карелии показали, что ее применение обеспечивает прогрев группы двигателей в течение 6—7 мин при температуре окружающего воздуха 20°C (см. кривая Ш на рис. 1). Со снижением температуры до минус 30°C время прогрева увеличивается незначительно и составляет примерно 9—10 мин.

Двигатели при этом прогреваются до температуры 70—80°C и запускаются с первой попытки при небольших нагрузках на пусковой двигатель. Об износах двигателей при этом способе тепловой подготовки и пуска можно судить по данным исследований — (2).

В этой работе для определения износов использовался принцип эквивалентности между износами и сопротивлением, возникающими в процессе прокручивания двигателя, что математически записывается в следующем виде:

$$M_T = 23 \cdot 10^{-4} \cdot A_{\text{ДВ}}^{\nu} \cdot 0,33 \cdot n^{0,25}$$

$$\text{или } M_T = C \cdot n^{0,25}, \text{ полагая, что } C = 23 \cdot 10^{-4} \cdot A_{\text{ДВ}}^{\nu} \cdot 0,33,$$

где M_T — момент сопротивления прокручивания коленчатого вала, кгм; A — константа, определяющая конструктивные особенности двигателя; ν — кинематическая вязкость масла, сст; n — скорость прокручивания коленчатого вала, об/мин.

Затем по известным значениям сопротивлений определялась энергоемкость процесса пуска на каждом из переходных режимов:

$$\varepsilon_n = \int_0^{\tau(n)} N_n d\tau; \\ N_n = M_n \frac{\pi}{30} n, \text{ а } M_n = M_T + \frac{\pi}{30} J_0 \frac{dn}{d\tau}.$$

Здесь N_n и M_n — соответственно мощность и момент на коленчатом валу двигателя; J_0 — полярный момент инерции, $\text{кгм}\cdot\text{с}^2$; τ — продолжительность пускового периода, с.

В общем рабочем виде уравнение энергоемкости для каждого переходного режима пуска представляется так:

$$\mathcal{E}_n = C \frac{\pi}{30} \int_0^{\tau(n_i)} n^{1,25} d\tau + \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 J_0 \int_0^{n_i} n dn,$$

где $C = 23 \cdot 10^{-4} \cdot A_{\text{дв}} \approx 0,33$.

Подсчеты суммарной энергоемкости, а затем среднего диаметрального износа гильз цилиндров двигателей по уравнению

$$\Delta h_{\text{г.ср}} = 10^{-2} \tau^{0,0312} \left(\frac{\mathcal{E}_n}{Z}\right)^{0,33},$$

где Z — число цилиндров, показали, что при пуске двигателя прогретого циркулирующей жидкостного теплоносителя от исходной температуры минус 15°C , энергоемкость снижается в 8,4 раза, а от исходной температуры минус 18°C — в 11—12 раз. Пусковые износы при этом снижаются на 35—50%.

Поскольку от установки БТИ двигатели прогреваются до более высокой температуры, естественно, износы будут еще меньше.

При выборе зимнего способа подготовки двигателей к пуску необходимо и экономическое сравнение конкурирующих вариантов, при этом необходимо учитывать эксплуатационные и капитальные затраты. Согласно [4] это может быть записано следующим образом:

$$C = C_{\mathcal{E}} + K_{\text{пр}} = (C_{\text{ш}} + C_{\text{н}} + C_{\text{а}}) t_{\text{пр}} D_{\text{р}} + C_{\text{ох}} + C_{\text{т}} + C_{\text{в}} + K_{\text{пр}},$$

где $C_{\mathcal{E}}$ — эксплуатационные затраты; $K_{\text{пр}}$ — приведенные капиталовложения, отнесенные на одно машино-место к нормативному сроку окупаемости; $C_{\text{ш}}$, $C_{\text{н}}$, $C_{\text{а}}$ — соответственно заработная плата шофера, накладные расходы и амортизационные отчисления, отнесенные к 1 ч. простоя машины; $t_{\text{пр}}$ — сверхнормативное время простоя машины при подготовке и пуске двигателя (ч); $D_{\text{р}}$ — рабочие дни за холодный период года; $C_{\text{ох}}$ — стоимость охлаждающей жидкости; $C_{\text{т}}$ — затраты на топливо; $C_{\text{в}}$ — затраты на восстановление деталей, подвергшихся износу в процессе пуска и других затрат.

В приведенном уравнении

$$(C_{\text{ш}} + C_{\text{н}} + C_{\text{а}}) t_{\text{пр}} D_{\text{р}} = C_{\text{ч}} t_{\text{пр}} D_{\text{р}} = C_{\text{пр}},$$

где $C_{\text{пр}}$ — часть эксплуатационных затрат, связанных с простоями автомобиля после начала рабочего дня при подготовке двигателя к пуску; $C_{\text{н}}$ — стоимость одного часа простоя автомобиля (руб.).

В соответствии с указанной методикой, а также учетом фактических данных по ряду автопредприятий исследованиями [4] была выявлена сравнительная экономическая эффективность различных способов предпусковой подготовки автомобильных двигателей. При этом за исходное условие принималось, что карбюраторные двигатели при температуре окружающего воздуха минус 40°C должны разогреваться (головка блока) до температуры не ниже $30-40^{\circ}\text{C}$, а дизельные — не ниже $40-50^{\circ}\text{C}$. У тех и других двигателей температура подшипников должна быть не ниже минус $5-10^{\circ}\text{C}$. Температура наружного воздуха при этом принималась минус 15°C , а продолжительность холодного периода принималась 5 месяцев (зона Москвы). Результаты этих подсчетов приведены на рис. 4 по группам и вариантам: I — воздухопрогрев с исполь-

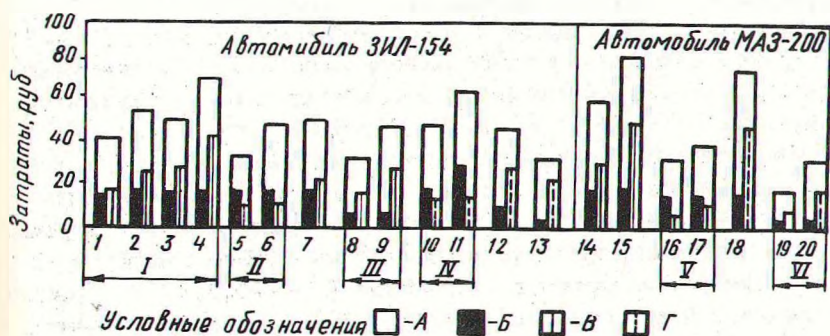


Рис. 4. Затраты на подготовку автомобильных двигателей к пуску при различных способах и оборудовании: А — общие затраты; Б — приведенные капиталовложения; В — затраты на тепловую и электрическую энергию при межсменном подогреве двигателей; Г — затраты, связанные с простоем автомобиля после начала рабочего дня при подготовке двигателя к пуску.

зованием тепла ТЭЦ: 1—в Челябинске при 8-часовой стоянке, 2—в Челябинске при 16-часовой стоянке, 3 и 14—зона Москвы, 8-часовая стоянка, 4 и 15—при 16-часовой стоянке; П—воздухопрогрев за 3 часа до начала рабочего дня при заполнении системы охлаждения; 5—антифризом, 6—водой, 7—подогрев огневым воздухонагревателем (8-часовая стоянка); Ш—электроподогрев: 8—при 8-часовой стоянке; 9—при 16-часовой стоянке; У—разогрев паром до начала рабочего дня; 10—с использованием котельной автохозяйств, 11—со строительством котельной, 12—разогрев индивидуальным подогревателем П-100 с использованием воды, 13—разогрев горячей воды по методу НИИАТ; У—газоподогрев жидкостным подогревателем с горелкой инфракрасного излучения; 16—при 8-часовой стоянке, 17—при 16-часовой стоянке, 18—разогрев индивидуальным подогревателем ЯМЗ с использованием воды; У1—пуск холодного двигателя с применением пусковой жидкости НИИАТ и самопрогрев: 19—5 мин, 20—10 мин.

Из приведенных диаграмм следует, что наиболее экономичным является пуск холодного двигателя с применением пусковой жидкости НИИАТ с последующим самопрогревом (У1—19 и 20). Этот метод требует мощных средств для прокручивания двигателей и он не исключает значительного износа двигателей.

Из других экономичным является электронагрев (Ш—8) при 8-часовой межсменной стоянке машин. С увеличением этого времени экономичность его значительно ухудшается (Ш—9).

Недостатком этого метода является необходимость постоянного контроля, так как при перегорании нагревательных элементов не исключен аварийный выход двигателя из строя. Для трелевочных тракторов этот метод вообще исключается. Экономичным является газоподогрев (У—16, 17), однако возможности его использования в леспромхозах ограничены.

Применение пара, как показала практика, сопряжено с рядом специфических особенностей, и поэтому в леспромхозах от этого метода отказались.

Из оставшихся способов все большее распространение в крупных автохозяйствах находит воздухопрогрев с использованием тепла от ТЭЦ или других мощных котельных. В леспромхозах, как правило, такие котельные отсутствуют. Этот способ, как видно из диаграмм, относительно не дешев даже

для крупных автохозяйств. Для леспромхозов с парком автомобилей 30—40 шт. экономические показатели будут хуже. Некоторые леспромхозы в последнее время стали применять газовоздушные подогреватели для автомобилей. Как видно из диаграмм (вариант 7), этот способ относится к числу более дорогих, чем многие другие. В сопоставлении с ним более дешевым является способ 12 и в особенности — 13.

Оба эти способа основаны на применении обычной горячей воды, подаваемой различными способами к двигателям. Установка БТИ воплощает в себе эти способы в более совершенном варианте, при этом время прогрева двигателей в сравнении с вариантами 12 и 13 сокращается примерно в 3 раза, а по сравнению с воздушным или газовоздушным прогревом — в 15 раз.

Для сопоставления экономической эффективности установки БТИ с другими видами оборудования ниже приводятся данные по калькуляции себестоимости содержания ее машино-смены (руб.).

1. Основная и дополнительная заработная плата с начислениями	1-54
2. Затраты на топливо	0-68
3. Текущий ремонт и техническое обслуживание	1-00
4. Амортизация	4-58
5. Прочие затраты	0-76

Всего . . . 8-57

В пересчете на один трактор или автомобиль из числа 15 одновременно обслуживаемых затраты на подготовку и пуск составляют 0-57 руб. что примерно в 2 раза меньше в сравнении с воздухоподогревательной установкой СевНИИП'а.

Приведенные материалы, а также производственная проверка показывают, что конструктивно-технологическая схема установки БТИ является наиболее выгодной применительно к лесозаготовительным предприятиям. В опытных образцах установка БТИ прошла сравнительные испытания и получила положительное заключение ведомственной комиссии, а также Комитета по науке и технике при Совмине СССР.

В текущем году Минлеспромом СССР запланировано изготовить первую партию таких установок на Шарьинском РМЗ объединения Костромалеспром.

Л и т е р а т у р а

1. Федоров А.А. Внедрение на предприятиях Кареллеспрома установок БТИ для группового прогрева двигателей трелевочных тракторов. — БТИ. Отчет по теме 70-37. Мн., 1970.
2. Романенко В.И. Исследование энергетических параметров процесса пуска двигателей трелевочных тракторов в условиях низких температур. Л., 1970.
3. Карпенко В.Г. Зимняя эксплуатация колесных и гусеничных машин. М., 1958.
4. Семенов Н.И. Экономическая эффективность средств облегчения пуска двигателей зимой. — Автомобильный транспорт, 1967, № 11.