

243

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
С С С Р**

**Челябинский политехнический институт  
имени Ленинского комсомола**

**На правах рукописи**

**БАРАНЧУК ПЕТР ВАСИЛЬЕВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И  
СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ОБОГРЕВА АВТОМОБИ-  
ЛЕЙ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДОВ**

**Специальность 05.22.11 - "Автомобильный транспорт"**

**Автореферат диссертации на  
соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Челябинск**

**1975**

Работа выполнена на кафедре "Автомобильный транспорт" Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель - кандидат технических наук,  
доцент АНИСКИН Л.Г.

Официальные оппоненты:

заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор КРАМАРЕНКО Г.В.,

зам.директора по науке Уральского филиала государственного научно-исследовательского института автомобильного транспорта кандидат технических наук ГОРШКОВ В.Г.

Ведущее предприятие - Главтментафтегаз, г.Тюмень.

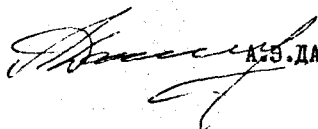
Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1975 г.

Защита диссертации состоится " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1975 г.,  
в \_\_\_\_\_ час., на заседании Совета по присуждению ученых степеней машиностроительных факультетов Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Совета или прислать свои отзывы в двух экземплярах, заверенных печатью, по адресу: 454044, г.Челябинск, проспект им.В.И.Ленина, 76, политехнический институт, Ученый Совет института.

Ученый секретарь Совета  
канд.техн.наук, доцент

  
А.С. ДАММЕР

Челябинский  
политехнический институт

**А к т у а л ь н о с т ь т е м ы.** XXIV съезд КПСС предусматривает дальнейшее интенсивное освоение Сибири и Крайнего Севера, располагающих уникальными запасами промышленного сырья и топлива.

Значительную роль в развитии этих районов играет автомобильный транспорт. Однако организация межсменного хранения автомобилей в осенне-зимний период представляет здесь одну из основных проблем их технической эксплуатации.

Большой вклад в решение ключевых вопросов этой проблемы внесли академик Е.А. Чудаков, профессора Г.В.Крамаренко, Д.А.Рубец, А.А.Гуреев, М.К. Белицкий, кандидаты технических наук Л.Г.Анискин, В.А.Николаев, М.Л.Минкин, Г.С.Лосавио, И.В.Семенов, Л.А.Демьянов, А.И.Моисейчик, В.Г.Карпенко, И.Н.Сметнев, Ю.И.Боровских, А.Н.Хватков и др.

Несмотря на большой объем проведенных исследований некоторые вопросы организации хранения автомобилей требуют дальнейшего научно обоснованного решения.

В современных условиях строительства трубопроводов большого диаметра до 40% общего объема строительно-монтажных работ составляют автотранспортные перевозки. В то же время постоянное перемещение фронта работ вдоль укладываемого трубопровода предопределяет безгаражный метод хранения автомобилей, что в зимний период приводит к потерям до 20% рабочего времени при вводе их в эксплуатацию. В этих условиях организация своевременного выхода автомобилей на линию при минимальных затратах труда и времени водителей представляет важную народно-хозяйственную задачу, научно-техническое решение которой обеспечит значительный рост производительности труда.

Одним из современных направлений решения этой проблемы является использование системы воздушного обогрева автомобилей, многолетняя эксплуатация которой в крупных автотранспортных предприятиях подтвердила ее высокую эффективность.

Однако внедрение данного способа на строительстве магистральных трубопроводов не осуществляется из-за отсутствия устройств, способных вести тепловую подготовку в полевых условиях.

**Ц е л ь р а б о т ы.** Исследование способов повышения эффективности тепловой подготовки автомобилей горячим воздухом за счет более рационального использования подаваемого к ним тепла и разработка средств для их воздухообогрева на строительстве магистральных трубопроводов. Согласно поставленной цели в диссертационной работе решаются следующие задачи:

1. Теоретическое исследование процесса тепловой подготовки и путей повышения ее эффективности.

2. Исследование влияния теплопередающей способности радиатора на тепловое состояние двигателя при различных режимах процесса воздухообогрева.

3. Исследование зависимости температурного режима систем и механизмов двигателя от параметров и способа подачи теплоносителя в подкапотное пространство, метеорологических условий и других факторов.

4. Исследование, разработка и внедрение передвижной промышленной установки для воздухообогрева автомобилей.

5. Оценка экономической эффективности воздухообогрева автомобилей в условиях трассового строительства.

**Н а у ч н а я н о в и з н а.** Создана математическая модель процесса воздухообогрева и методика его теоретического анализа с учетом параметров теплоносителя, климатических условий и конструктивно-компоновочных характеристик подкапотного пространства автомобиля.

Установлена зависимость теплопередающей способности радиатора и теплового состояния двигателя от размеров поперечного сечения струи воздушного потока, места прохождения его через воздушный тракт радиатора, климатических условий и параметров подаваемого к автомобилям теплоносителя. Определена степень влияния термостата на тепловое состояние двигателя при подаче теплоносителя в подкапотное пространство по воздушному тракту радиатора.

Изучен характер распределения и взаимосвязь температур двигателя и подкапотного пространства при различных параметрах и способах подачи в него теплоносителя, а также при различных метеорологических условиях. Установлена возможность обеспечения оптимального теплового состояния систем и механизмов двигателя перед выходом автомобиля на линию.

**П р а к т и ч е с к а я ц е н н о с т ь.** Теоретические разработки позволяют расчетным путем обосновать параметры подаваемого к машинам воздуха и обеспечить более лучшую согласованность между технической характеристикой установки, метеорологическими условиями и моделью автомобилей.

Определены параметры теплоносителя, при которых возможно использование радиатора для повышения эффективности воздухообогрева

автомобилей, эксплуатирующихся с термостатом.

Обоснованы оптимальные размеры соединительного устройства с учетом конструктивных особенностей оперения автомобиля.

Создано устройство, обеспечивающее получение оптимального теплового состояния систем и механизмов автомобиля при любых климатических условиях.

Выполненный комплекс исследований позволил создать мобильную передвижную установку для воздушного обогрева автомобилей.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке систем воздушного обогрева различных типов автомобилей в полевых и стационарных условиях с применением в качестве теплоносителя горячего воздуха или газозвоздушной смеси.

**Р е а л и з а ц и я р а б о т ы.** Результаты работы использованы трестом "Сювгазспецстрой" при разработке рабочего проекта передвижной системы воздухообогрева (ПСВ) автомобилей на строительстве магистральных трубопроводов и Воронежским отделением Гипроавтотранса при создании рабочего проекта инвентарной сборно-разборной установки воздухоподогрева грузовых автомобилей.

Удовлетворительные результаты испытаний опытной партии установок ПСВ позволили организовать их серийный выпуск на Лкберецком экспериментальном заводе строительных конструкций.

В настоящее время установки ПСВ широко используются автотранспортными предприятиями Миннефтегаза, Миннефтестроя и др. министерств.

**А п р о б а ц и я р а б о т ы.** Основные положения работы докладывались и обсуждались на Всесоюзном семинаре по воздухообогреву автомобилей (Челябинск, 1967), на конференции инженерно-технических работников автотранспортных предприятий Едно-Уральского территориального транспортного управления (Челябинск, 1971), на научно-технических конференциях (XX, XXI, XXIV, XXV, XXVI, XXVII, XXVIII) Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола (Челябинск, 1967, 1968, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975).

**П у б л и к а ц и и.** По результатам выполненных исследований опубликовано 7 работ, получено 2 авторских свидетельства.

**О б ъ е м д и с с е р т а ц и и.** Работа состоит из введения и пяти глав, выводов с рекомендациями, приложения; содержит 130 страниц машинописного текста, 44 рисунка и библиографию из 158 наименований.

В первой главе проведен анализ существующих способов воздействия на автомобиль при подготовке к выходу на линию в условиях отрицательных температур, дана их классификация, установлен оптимальный температурный уровень систем и механизмов двигателя перед пуском и проанализирована возможность его обеспечения существующими способами тепловых воздействий.

В автотранспортных предприятиях наилучшим технологическим вариантом считается хранение машин в закрытых отапливаемых стоянках, так как затраты труда и времени водителей на ввод автомобилей в работу на открытых площадках значительно выше.

Закрытая стоянка, являясь групповым методом хранения с постоянным тепловым воздействием гаражного помещения, обеспечивает комплексную подготовку и одинаковый температурный режим всех агрегатов и постоянную готовность машин к вводу в эксплуатацию без затрат труда и времени водителя. Однако температурный режим большинства узлов и агрегатов не влияет на ввод машин в работу и их обогрев при хранении в закрытом помещении сопровождается нерациональными затратами тепла.

Поэтому комплексность целевой подготовки следует определять готовностью двигателя к пуску, обеспечением безопасности движения и наличием элементарных условий для работы водителя при выходе автомобиля на линию.

Выполнение полного объема комплексной целевой подготовки в любых климатических условиях является одним из основных критериев оценки совершенства и прогрессивности различных способов ее проведения.

С этой точки зрения индивидуальные средства подготовки двигателя к пуску имеют ряд существенных недостатков и не обеспечивают полного исключения водителя из этого процесса.

В отношении эффективности различных видов тепловых воздействий существуют в настоящее время весьма противоречивые данные, что является следствием выбора различных оценочных критериев температурного уровня агрегатов перед вводом машин в работу.

Рассматривая рекомендации по температурному уровню систем и механизмов двигателя в предпусковой период, можно отметить, что его различные значения указываются исследователями либо вследствие стремления снизить изнашивание пары поршень-цилиндр в период пуска, либо ввиду проведения лишь целевых воздействий, обеспечивающих только запуск двигателя. В то же время многочисленные исследования показывают, что одновременная тепловая подготовка поступающего в цилиндры воздуха и охлажд -

дающей жидкости в блоке до уровня  $10+15^{\circ}\text{C}$  создает благоприятные условия для процесса сгорания топлива в период пуска и снижения пусковых оборотов коленчатого вала при любой температуре окружающей среды.

Комплексная целевая подготовка двигателя до указанного уровня обеспечивает оптимальную скорость циркуляции масла в каналах системы смазки, а следовательно, и минимальный износ трущихся пар, так как вязкость масла не превышает 100-400 сст.

Однако при температурах ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  в связи с систематическим недозарядом аккумуляторных батарей, расположенных вне подкапотного пространства, существенно сокращается их емкость. В результате возникает необходимость обеспечения нормального температурного их режима, уровень которого в пусковой период, отличающийся повышенными токами короткого замыкания, должны быть не ниже  $10^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, минимальной температурой, которая обеспечивает нормальные условия для получения оптимальных характеристик рабочего процесса двигателя при его пуске и исключает преждевременный выход из строя основных агрегатов машин из-за повышенного износа и перегрузок в этот период, можно считать  $10+15^{\circ}\text{C}$ .

При электрическом и газовом обогреве преобразование энергии и топлива в тепло происходит непосредственно на каждом автомобиле, поэтому температурный уровень отдельных его систем и агрегатов может быть обеспечен за счет регулирования мощности теплопреобразующих элементов. Но ввиду сложности организации контроля за ходом преобразования энергии при нескольких теплопреобразующих элементах на одном автомобиле, их количество при электроподогреве не превышает двух (в охлаждающей жидкости, масле), а при применении газовых излучателей - одного, устанавливаемого под поддон картера двигателя. При использовании этих способов обычно не производится полной комплексной целевой подготовки автомобиля перед выходом его на линию.

Вследствие хорошей проникающей способности воздуха и газозвушной смеси при воздухообогреве обеспечивается одновременная тепловая подготовка всех систем и механизмов двигателя и соседних с ним агрегатов, кабины, коробки передач, а при использовании специальных устройств - и аккумулятора, находящегося вне подкапотного пространства. Значительно упрощается обогрев остальных агрегатов трансмиссии.

Однако анализ имеющихся исследований по системе воздухообогрева свидетельствует о существенной зависимости характера распределения температур, а следовательно, и тепла между системами и узлами от способа подачи воздуха в подкапотное пространство и других факторов.

Для обеспечения равномерного прогрета всех систем и механизмов двигателя необходимо совершенствование известных способов и средств подачи воздуха к машинам, а также изыскание новых, улучшающих теплоиспользование при воздухообогреве, что имеет большое научное и практическое значение.

Во второй главе на основании теплового и воздушного балансов, а также теории теплопередачи разработана методика расчета параметров подаваемого к машинам воздуха, позволяющая установить пути возможной их оптимизации.

При воздухообогреве наблюдаются установившиеся и не установившиеся режимы теплообмена между обогреваемыми агрегатами и окружающим их воздухом; поэтому распределение тепла подаваемого к автомобилям с нагретым воздухом ( $Q_r$ ) может быть выражено уравнением теплового баланса, имеющим вид:

$$Q_r = Q_n + Q_x + Q_o \pm Q_p \pm Q_a, \quad (I)$$

где  $Q_n$  — тепло, уходящее из подкапотного пространства с воздухом;

$Q_x$  — тепло, расходуемое на нагрев холодного воздуха, поступающего в подкапотное пространство;

$Q_o$  — тепло, теряемое в окружающую среду через ограждения;

$Q_p$  — тепло, переданное или полученное воздухом в радиаторе;

$Q_a$  — тепло, отданное агрегатам или полученное от них воздухом.

Поскольку тепловая подготовка автомобиля в основном направлена на обеспечение надежного хранения и пуска двигателя, то его теплообмен с присоединенными узлами, радиатором и подкапотным пространством требует всестороннего анализа.

Процесс передачи тепла двигателю может протекать параллельно по двум направлениям: от радиатора посредством циркуляции жидкости и от воздуха, окружающего двигатель.

Теплообмен между двигателем и подкапотным пространством осуществляется в основном конвекцией через стенки блока, головки блока и картера.

Количество тепла, получаемое двигателем от радиатора ( $Q_{p.g.}$ ) может быть определено как разность между количеством тепла, отдаваемого потоком горячего воздуха радиатору на участке ( $F_p'$ ) и количеством



тепла, расходуемого для разогрева массы радиатора, а также передаваемого соприкасающемуся с ним воздуху на необогреваемом участке путем конвекции и лучеиспускания.

С другой стороны, тепло, полученное двигателем от воздуха и радиатора, расходуется на разогрев массы его деталей, смазки в поддоне картера, жидкости в системе охлаждения и присоединенных к двигателю узлов. Соотношение между количеством тепла, полученным от радиатора ( $Q_{p.g.}$ ) и количеством тепла, полученным от воздуха ( $Q_{g.b.}$ ) определяется соотношением между средней температурой двигателя ( $\bar{t}_g$ ) и средней температурой окружающего двигатель воздуха ( $\bar{t}_{n.g.}$ ) и описывается уравнением:

$$\bar{K}'_p F'_p \Delta t_{лог.} T \left\{ G_{p.m} C_{p.m} (\bar{t}_p - \bar{t}_{p.n}) + \bar{K}''_p F''_p \Delta \bar{t}_p T + F_p C_L \times \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] T \right\} + F_g \bar{K}_g \Delta \bar{t}_g \delta T = \sum_{i=1}^n G_{g.i} C_{g.i} (\bar{t}_{g.i} - t_{n.}) + Q_{f.c} T, \quad (2)$$

- где  $\bar{K}'_p, \bar{K}''_p$  - средний коэффициент теплопередачи радиатора на участке, принимающем и отдающем тепло;
- $F'_p, F''_p$  - поверхность теплообмена радиатора, принимающая и отдающая тепло;
- $\Delta t_{лог.}$  - температурный напор;
- $G_{p.m}$  - масса радиатора;
- $C_{p.m}, C_{g.i}$  - теплоемкость радиатора и элементов двигателя;
- $\bar{t}_{p.n}, \bar{t}_p$  - средняя начальная и конечная температура радиатора;
- $C_L$  - коэффициент лучеиспускания;
- $T_1, T_2$  - средняя абсолютная температура поверхности и окружающей радиатор среды;
- $\Delta \bar{t}_p$  - средний перепад температуры между радиатором и окружающим его воздухом на участке  $F''_p$ ;
- $F_g$  - поверхность теплообмена двигателя;
- $\bar{K}_g$  - средний коэффициент теплопередачи двигателя;
- $\Delta \bar{t}_g \delta$  - средний перепад температуры между двигателем и окружающим его воздухом;
- $T$  - время, затраченное на тепловую подготовку;
- $G_{g.i}$  - масса отдельных элементов двигателя;
- $\bar{t}_{g.i}$  - средняя температура элементов двигателя после разогрева;
- $t_{n.}$  - начальная температура двигателя;

$q$  - удельный тепловой поток от двигателя к  
присоединенным узлам;

$F_c$  - поверхность соприкосновения присоединенных  
узлов с двигателем.

Из уравнения (2) следует, что при  $\bar{t}_g > \bar{t}_{ng}$   $\Delta \bar{t}_{g,b}$  отрицателен и тепловой поток направлен от двигателя к окружающему его воздуху, поэтому передача тепла двигателю осуществляется только от радиатора и определяется соотношением между количеством тепла, полученным радиатором на участке  $F_p$ , и количеством тепла, отдаваемым на участке  $F_p''$ , окружающему воздуху. Если поверхность теплообмена участка радиатора, омываемого потоком воздуха из соединительного устройства составляет

$$F_p' = \frac{h_0 + 6.8 \alpha \ell_0}{H_p} \times F_p, \quad \text{то} \quad F_p'' = F_p \left( 1 - \frac{h_0 + 6.8 \alpha \ell_0}{H_p} \right), \quad (3)$$

а соотношение между поверхностями теплообмена  $F_p'$  и  $F_p''$ , при котором передача тепла от радиатора к двигателю прекращается на основании левой части уравнения (2) будет иметь вид:

$$\frac{F_p'}{F_p''} = \frac{G_{am} C_{am} (t_p - t_{an})}{F_p \left( 1 - \frac{h_0 + 6.8 \alpha \ell_0}{H_p} \right) K'_{p,\Delta} \Delta t_{log} T} + \frac{C_{\Delta} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] + K'_{p,\Delta} \bar{t}_g}{K'_{p,\Delta} \Delta t_{log}} \quad (4)$$

где  $h_0$  - высота выходного сечения соединительного рукава;  
 $\ell_0$  - расстояние между рукавом и радиатором;  
 $\alpha$  - коэффициент турбулизации струи, принимается по экспериментальным данным Батурина В.В.;  
 $H_p$  - высота остова радиатора;  
 $F_p$  - поверхность теплообмена радиатора.

Следовательно, интенсивность теплообмена между двигателем и радиатором существенно зависит от характера режима течения воздушной среды у поверхностей теплообмена, от размеров нагреваемого участка, места его расположения по высоте радиатора, а также от наличия циркуляции между двигателем и радиатором. Так как тепло, полученное охлаждающей жидкостью на участке  $F_p$  через поверхности  $F_p'$  и  $F_g$ , передается подкапстному пространству, а тепловой поток к присоединенным узлам из-за большого термического сопротивления и малой величины  $F_c \left( \frac{F_c}{F_g + F_p''} \approx 0.01 \right)$  незначителен и им в инженерных расчетах можно пренебречь,

то теплообмен между радиатором, двигателем и подкапотным пространством может быть учтен посредством средней температуры микроклимата ( $\bar{t}_m$ ).

Количество тепла, теряемое через ограждения, подкапотного пространства ( $Q_0$ ) может быть определено по уравнению теплопередачи через плоскую стенку.

Ввиду существенного изменения режимов течения воздушной среды у поверхностей ограждений коэффициенты теплоотдачи, а следовательно, и теплопередачи будут изменяться в широких пределах. Однако для их определения могут быть использованы известные критериальные зависимости Нуссельта, обобщающие результаты многих процессов теплообмена.

Для определения затрат тепла на нагреве холодного воздуха, поступающего в подкапотное пространство под действием ветра, а также вследствие различия удельных весов воздуха с внутренней и наружной сторон ограждений, необходимо знать его количество и температуру, до которой он нагревается.

На основании закона неразрывности потока, зависимости количества воздуха, проходящего через отверстие и метода нейтральной зоны для определения величины напора у отверстий (предложен доктором технических наук Г.А.Максимовым) можно записать уравнение баланса воздухообмена, откуда вычисляются величины

$$G_r = G_p \pm \sum_{i=1}^n [F_{Li} \mu_{Li} \sqrt{2g \gamma_i (\gamma_x - \gamma_n) (H_n - h_i)}] \quad (5)$$

и

$$G_x = \sum_{i=1}^n [F_{x,i} \mu_{x,i} \sqrt{2g \gamma_x (\gamma_x - \gamma_n) (h_i - H_n)}], \quad (6)$$

где  $F_{x,i}, F_{Li}$  - площадь  $i$ -го открытого проема для воздуха, поступающего в подкапотное пространство и выходящего из него;

$\mu_{x,i}, \mu_{Li}$  - коэффициент расхода для приточного и вытяжного открытого проема;

$\gamma_x, \gamma_i$  - удельный вес воздуха, проходящего через открытый проем;

$h_i, H_n$  - расстояние до оси открытого проема и нейтральной зоны от верхней части подкапотного пространства;

$G_p$  - количество воздуха, отсасываемого из подкапотного пространства вентилятором.

При ветре метод нейтральной зоны не приемлем для определения величин  $G_k$  и  $G_r$ , так как какой-либо закономерности в распределении давления у ограждений не наблюдается. В этом случае расчет воздухообмена может быть выполнен на основании условий, при которых обеспечивается непроникновение холодного воздуха в подкапотное пространство, а уравнение (5) будет иметь вид:

$$G_r = G_p \pm \sum_{i=1}^n [F_i \mu_i \sqrt{2g \gamma_i [(Y_x - Y_m)(H - h_i) + (K_w - K_i) H g_w]}], \quad (7)$$

где  $H$  - высота подкапотного пространства;  
 $K_i$  - коэффициент ветрового давления у  $i$ -го открытого проема ограждений;

$H g_w$  - динамическое давление, создаваемое ветром на наружной поверхности ограждений подкапотного пространства.

Анализ уравнений (5), (7) показывает, что большое влияние на выбор  $G_r$  оказывает конструкция ограждений, так как при  $\sum_{i=1}^n F_i = 0$   $G_r = G_p$ , а при  $\sum_{i=1}^n F_i > 0$  выбор величины  $G_r$  полностью определяется количеством воздуха, забираемого системой воздухообогрева из подкапотного пространства.

Согласно исследованиям докторов технических наук Батурина В.В. и Максимова Г.А., нейтральная зона, являющаяся границей между отверстиями, работающими на приток и вытяжку воздуха, обычно смещается в сторону открытых проемов, имеющих большую площадь. Ввиду расположения большинства открытых проемов под нейтральной зоной создаются благоприятные условия для свободного доступа холодного воздуха в нижнюю часть подкапотного пространства. Поэтому при подаче воздуха через радиатор основной его поток движется выше потока холодного воздуха, в связи с чем создание нормального теплового режима в нижней части подкапотного пространства, может быть осуществлено за счет больших расходов воздуха, а соответственно и тепла.

Подача теплоносителя под нейтральную зону, т.е. непосредственно к местам поступления холодного воздуха, обеспечивает их смешение непосредственно у входа в подкапотное пространство, а следовательно, и равномерный прогрев всех точек системы охлаждения и смазки. Ввиду зависимости расхода воздуха от расчетной температуры микроклимата ( $t_m$ ) а последней от градиента температуры по высоте подкапотного простран-

ства ( $\Delta \bar{t}_m$ ) способ подачи в него теплоносителя оказывает существенное влияние на величину расхода горячего воздуха.

Температура нагрева подаваемого к машинам воздуха на установившемся режиме подогрева может быть определена из уравнения теплового баланса

$$t_r = \frac{Q_o + Q_p + Q_a + G_x C (\bar{t}_m - t_x)}{G_r C} + \bar{t}_m \quad (8)$$

Разработанная математическая модель и полученные выражения достаточно полно раскрывают сущность физики процессов в подкапотном пространстве при воздухообогреве автомобилей, позволяют проанализировать влияние различных факторов на величину параметров теплоносителя и выявить способы повышения его эффективности.

В третьей главе разработана методика экспериментального исследования режимов воздухообогрева, а также алгоритмы решения задачи для определения параметров подаваемого к машинам воздуха на ЭВМ.

Для выполнения исследований была изготовлена экспериментальная установка, обеспечивающая возможность регулирования в широком диапазоне температуры и количества подаваемого воздуха, стабильность указанных параметров на всех режимах ее работы, погрешность проводимых измерений не более  $\pm 2,5\%$ , возможность проведения исследований с различными моделями автомобилей.

Установка состоит из огневого калорифера МП-85М, воздуховода, подводящего устройства, расходомеров, потенциометров ЭППО9-М3, хромелевые удлинители со штепсельными разъемами и термодатчиков, выполненных из проволоки диаметром 0,5 мм.

Монтаж датчиков производится в соответствии с рекомендациями МЭИ и НАМИ, что позволило повысить точность проводимых экспериментов.

Основной объем исследований проводился на специально изготовленном стенде, где в подкапотном пространстве, двигателе и радиаторе установлено 260 термодатчиков.

Двигатель крепился на трех монтажных домкратах, что позволяло изменять его положение, а следовательно, и установленных в нем термопар по высоте подкапотного пространства на 160 мм.

Для изучения некоторых вопросов принятой программы исследований использовались серийные автомобили КраЗ-219, КраЗ-256, ГАЗ-53А, ЗИЛ-130. Выбор места установки контрольных датчиков у всех указанных автомобилей определялся характером распределения температур, выявлен-

ных в результате испытаний стенда. Весь комплекс лабораторных и эксплуатационных исследований проводился на открытой площадке при отрицательных температурах до  $-50^{\circ}\text{C}$  и скоростях ветра до 15 м/с.

По данным расшифровки диаграммных лент путем нахождения аппроксимирующего полинома по основной программе № 417 машины "Мир-1" строились графические зависимости.

Определение средней температуры двигателя и окружающего его воздуха определялось также на вычислительной машине "Мир-1" по программе для первичной статистической обработки исходных данных.

С целью получения расчетным путем конкретных значений параметров подаваемого к автомобилям теплоносителя при заданных природно-климатических условиях составлена программа их расчета на ЭВМ на основании математических зависимостей, рассмотренных во второй главе.

Вместе с этим программа позволяет провести широкий анализ зависимости расчетных параметров от природно-климатических условий, конструктивно-компоновочных факторов и способа подачи теплоносителя в подкапотное пространство.

В четвертой главе изложены результаты исследований по установлению возможности использования теплопередающей способности радиатора для повышения эффективности тепловой подготовки автомобилей горячим воздухом, по изучению характера распределения температур в двигателе и подкапотном пространстве на различных режимах обогрева, по обоснованию средней температуры микроклимата для расчета параметров теплоносителя, по оценке соответствия расчетных данных реальному процессу воздухообогрева.

Влияние конструктивных особенностей воздушного тракта системы охлаждения на теплопередающую способность радиатора оценивалось сравнительным анализом распределения температур в радиаторе и двигателе, полученных при подаче воздуха к облицовке и непосредственно к фронтальной поверхности остова.

Результаты исследований показывают, что наибольшие изменения характера распределения температур на различных режимах отмечаются по высоте и глубине остова, что, несомненно, вызвано изменением условий теплообмена у поверхностей трубок, как со стороны воздушного потока, так и охлаждающей жидкости.

Основными факторами, определяющими величину теплопередающей способности радиатора, являются: размеры и расположение участка теплообмена, количество и температура подаваемого воздуха, температура

охлаждающей жидкости в нижнем бачке радиатора.

Максимальная теплопередающая способность радиатора может быть получена при высоте участка теплообмена 150-200 мм и расположении его непосредственно над нижним бачком радиатора. Поэтому конструкция воздушного тракта системы охлаждения и размеры выходного сечения соединительного рукава существенно влияют на величину теплообмена в радиаторе. Рис. I.

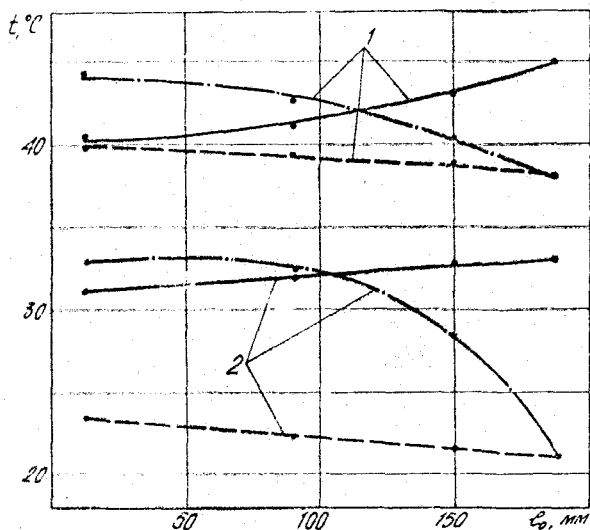


Рис. I. Зависимость температуры воды в головке блока и блоке от расстояния ( $l_0$ ) между выходным сечением соединительного рукава и остовом радиатора:  $V_r = 320 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $t_r = 64^\circ\text{C}$ ;  $U_w = 0$ ;  $t_x = -10^\circ\text{C}$ ; ширина рукава  $b_0 = 470 \text{ мм}$ ; с утеплительным капотом; — — — — — высота рукава ( $h_0$ ) = 100 мм; - - - - -  $h_0 = 200 \text{ мм}$ ; — · — · —  $h_0 = 400 \text{ мм}$ ; 1 - головка блока, 2 - блок

Теплопередающая способность радиатора увеличивается при повышении температуры подаваемого воздуха и скорости ветра, а также при снижении температуры окружающей среды. Увеличение расхода теплоносителя уменьшает интенсивность теплообмена в радиаторе.

Разрыв круга циркуляции между двигателем и радиатором исключает

влияние его теплопередающей способности на тепловое состояние двигателя. При наличии в системе охлаждения термостата частичное использование теплообмена в радиаторе для повышения теплового состояния двигателя возможно лишь при температуре подаваемого воздуха выше  $100^{\circ}\text{C}$ .

Результаты исследований характера распределения температур в двигателе и подкапотном пространстве на различных режимах тепловой подготовки позволили установить, что при подаче воздуха через радиатор, отсутствии в двигателе термостата и полностью заправленной системе охлаждения на всех режимах обогрева минимальную температуру в блоке имеет охлаждающая жидкость в нижней части 6-го цилиндра, которая повышается в направлении головки блока и 1-го цилиндра, а максимальное значение температуры устанавливается в коробке термостата. Для боковых стенок картера характерно снижение температуры в направлении от цилиндров, а также от передней к задней его стенке.

Температура коренных подшипников колеблется между температурой нижней части цилиндров и стенок картера. Самую низкую температуру в двигателе имеет масло в поддоне картера. Минимальная температура микроклимата наблюдается также в нижней части подкапотного пространства в плоскости 6-го цилиндра и аналогично температуре двигателя она возрастает в направлении верхней его части и радиатора, при этом ее величина остается ниже температуры соответствующих точек двигателя. Минимальная величина перепада между двигателем и окружающим его воздухом устанавливается в области стенок картера (рис. 2а).

Существенное превышение температуры блока и особенно нижней его части над температурой микроклимата обусловлено поступлением в охлаждающую жидкость тепла вне стенок блока, т.е. от радиатора.

Рассмотренный характер распределения температур в двигателе не изменяется и на остальных режимах исследований, однако с повышением температуры подаваемого воздуха, скорости ветра и снижением температуры окружающей среды существенно возрастают градиенты температур как блока, так и микроклимата. При увеличении расхода подаваемого воздуха они сокращаются ввиду роста температуры микроклимата в нижней части подкапотного пространства и стенок картера. При поднятии двигателя вверх от стандартного положения перепад температуры по высоте двигателя сокращается, а подкапотного пространства — растет. Повышение температуры подаваемого воздуха увеличивает перепад температуры на участке перехода стенок картера в стенки блока. Слив охлаждающей жидкости из верхнего бачка радиатора приводит к исчезновению перепада темпера-



туры на этом участке, а также между двигателем и окружающим его воздухом (см. рис. 2а).

Подача воздуха в подкапотное пространство снизу на переднюю часть поддона картера позволяет обеспечить оптимальное тепловое состояние двигателя и обслуживающих его систем за счет повышения температуры масла. При этом температура двигателя в верхней части подкапотного пространства снижается. Температура в контрольных точках 1-го, 2-го и 3-го цилиндров снижается в направлении головки блока. Характер распределения температур в плоскости 6-го цилиндра остается таким же, как при подаче через радиатор, однако перепад по высоте двигателя и подкапотного пространства сокращается (рис. 2 б).

Расседоточение струи воздушного потока в горизонтальной плоскости нижнего сечения подкапотного пространства посредством устройства для воздушного обогрева двигателя внутреннего сгорания выравнивает распределение температур в двигателе и окружающем его воздухе. Вследствие поступления теплоносителя непосредственно в нижнюю часть подкапотного пространства повышается температура масла, коренных подшипников и стенок картера (рис. 2в). Снижается температура воздуха в верхней части подкапотного пространства, так как горячий воздух при движении снизу вверх теряет часть тепла. Исчезает скачок температуры в области перехода стенок картера в стенки блока. Сокращается перепад температуры воздуха по всем сечениям подкапотного пространства и двигателя.

Анализ величины средних температур двигателя, окружающего его воздуха и подкапотного пространства на всех рассмотренных выше режимах позволил установить, что для обеспечения оптимального теплового состояния блока цилиндров величина средней температуры микроклимата при расчетах должна быть равна: в случае подачи воздуха через радиатор и наличии циркуляции жидкости между двигателем и радиатором -  $10 \pm 13^{\circ}\text{C}$ , при отсутствии циркуляции -  $22 \pm 28^{\circ}\text{C}$ , при подаче воздуха снизу сосредоточенной струей -  $17 \pm 20^{\circ}\text{C}$  и при расседоточении ее -  $10 \pm 13^{\circ}\text{C}$ .

Исследования по оценке соответствия расчетных данных реальному процессу воздухообогрева показывают, что характер зависимостей между температурой окружающей среды, расходом горячего воздуха и его температурой одинаков (рис. 3). Расхождение между расчетными и экспериментальными данными не превышает 20%. Следовательно, выполненные экспериментальные исследования подтверждают все предпосылки, положенные в основу теоретических исследований, и полученный на их основе расчетный материал.

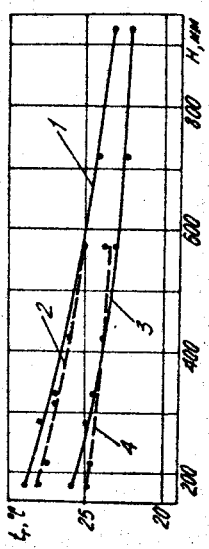
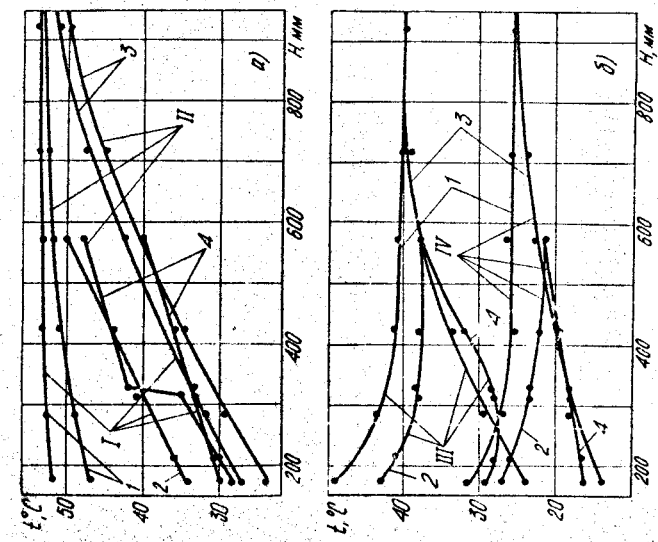


Рис. 2. Изменение температуры по высоте двигателя и подкапотного пространства:

$V_r = 625 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $Q$  - подача через радиатор,  
 $h_0 \times \delta_0 = 200 \text{ и } 470 \text{ мм}$ ,  $l_0 = 20 \text{ мм}$ ,  $U_w = 0$ ,  
 $t_x = -15^\circ\text{C}$ ;  $\delta$  - подача снизу через рукав  
 $\phi 220 \text{ мм}$ ,  $U = 5 \text{ м/с}$ ,  $t_x = -12^\circ\text{C}$ ;  $\delta$  - по-  
 $t_x = -12^\circ\text{C}$ , I - система не заполнена,  $t_r = 57^\circ\text{C}$ ;  
 II - система заполнена,  $t_r = 57^\circ\text{C}$ ; III -  $t_r = 68^\circ\text{C}$ ,  
 IV -  $t_r = 45^\circ\text{C}$ ; I - воздух в плоскости I-го ци-  
 лindra, 2 - двигатель в плоскости I-го цилиндра,  
 3 - воздух в плоскости 6-го цилиндра, 4 - двигатель  
 в плоскости 6-го цилиндра.

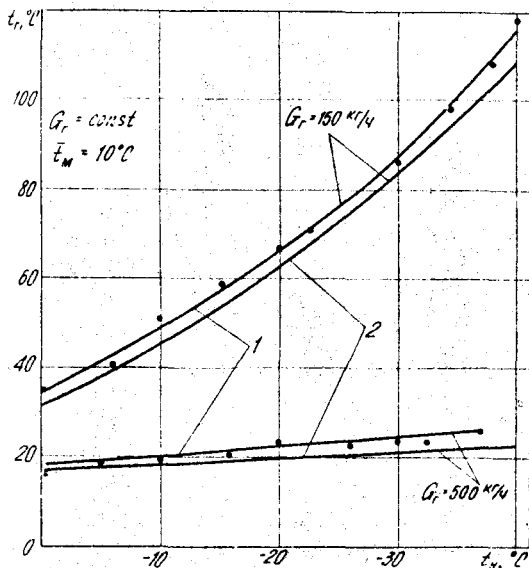


Рис. 3. Изменение температуры подаваемого воздуха от температуры окружающей среды  
 I - эксперимент, 2 - расчет

В пятой главе изложены результаты работ по созданию, исследованию и внедрению опытно-промышленной установки, для воздухообогрева автомобилей на строительстве магистральных трубопроводов.

Схема установки разработана с учетом проведения на режимах подогрева и разогрева эффективной комплексной тепловой подготовки автомобилей в условиях Крайнего Севера, специфики строительства магистральных трубопроводов и отсутствия централизованных источников тепла для нагрева воздуха.

Реализация этих требований осуществлена за счет использования сборно-разборных узлов, огневого теплогенератора производительностью 1310000 ккал/ч, обеспечивающего подачу к автомобилям  $27000 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха с температурой  $250^\circ\text{C}$  при температуре окружающей среды  $-50^\circ\text{C}$  и сжигании  $140 \text{ кг/ч}$  дизельного топлива.

Отличительной особенностью полученной схемы установки является

применение в теплогенераторе прямоточной камеры сгорания с использованием тангенциального ввода вторичного воздуха в факел горящего топлива. С этой целью на торцах цилиндров I9 и I8 (рис.4) 300 и 500 мм закреплены большими основаниями конические усеченные насадки 9 и 10, так что образовавшийся между ними сужающийся канал обращен большим сечением в сторону вентилятора, а меньшее его сечение выходит в камеру догорания и смешения I5 на расстоянии 250-300 мм от торца форсунки.

Для увеличения и стабилизации потока воздуха, поступающего в кольцевое коническое пространство между насадками, торец цилиндра  $\varnothing$  500 мм выступает в сторону вентилятора относительно торца цилиндра  $\varnothing$  300 мм на 150-200 мм. Турбулизация оказалась настолько эффективной, что позволила обеспечить полное сгорание топлива при подаче воздуха на горение и смешивание от одного центробежного вентилятора среднего давления, а снижение давления впрыска до  $35 \text{ кг/см}^2$  при расходе топлива  $120 \text{ кг/ч}$  не вывело длину факела за пределы 2,5 м. Новизна принятой конструктивной схемы защищена авторским свидетельством № 364757.

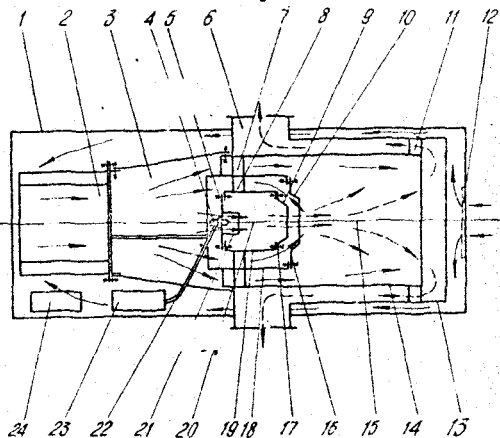


Рис. 4. Схема теплового генератора: I - коух, 2 - вентилятор, 3 - диффузор, 4 - форсунка, 5 - диск, 6 - патрубок; 7,8,II - опора; 9,10 - насадок, 12 - окно, 13 - корпус, 14 - разделитель, 15 - камера догорания; 16,17 - диск насадка, 18 - цилиндр дополнительный, 19 - корпус камеры сгорания, 20 - камера сгорания, 21 - завихритель, 22 - топливопривод, 23 - насос, 24 - пульт управления

Особенностью распределительного устройства установки является: использование секций постоянного сечения длиной 1,6 м, позволяющих в зонах с более мягкими климатическими условиями увеличивать количество одновременно обогреваемых автомобилей путем увеличения длины канала; применение гибких металлорукавов РИЦА, обеспечивающих подачу воздуха снизу сосредоточенной и рассредоточенной струей через устройство для воздушного обогрева двигателей внутреннего сгорания (рамку).

Исследования теплового состояния систем и механизмов двигателя в эксплуатационных условиях проведенные на автомобилях КраЗ-219 и КраЗ-256 с использованием опытно-промышленной установки показали, что способ подачи воздуха через радиатор не обеспечивает на эксплуатационных режимах оптимальных условий пуска вследствие недостаточной тепловой подготовки масла.

Зачехление нижней части подкапотного пространства (рис.5), а также установка "рамки" позволяют получить положительную температуру масла при сравнительно небольших расходах воздуха.

Подача воздуха снизу сосредоточенной струей в зависимости от места ввода его в подкапотное пространство изменяет температуру масла в широком диапазоне значений. Наибольшее тепловое состояние двигателя наблюдается при направлении струи горячего воздуха на переднюю часть поддона картера. Подача через радиатор и снизу сосредоточенной струей не оказывает влияния на тепловое состояние аккумуляторной батареи. Рассредоточение потока воздуха по нижней части подкапотного пространства "рамкой" позволяет получить оптимальное тепловое его состояние при любых метеорологических условиях и осуществить обогрев аккумуляторной батареи от общего потока воздуха, поступающего к автомобилю.

Затраты тепла на подготовку двигателя к пуску при использовании "рамки" сокращается по сравнению с подачей через радиатор и зачехленным снизу подкапотным пространством на 25-30%, а незачехленным - на 50+55%.

Расчеты экономической эффективности использования установки на строительстве трубопроводов, выполненные на основании "Типовой методики определения экономической эффективности капитальных вложений", утвержденной постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР и Президиума АН СССР от 8 сентября 1969 года № 40/100/33 при условии обеспечения оптимального теплового состояния двигателя в течение всего межсменного хранения автомобилей, показывают, что экономический эффект в районах городов Москвы, Вологды, Минска, Воронежа составляет 13,94 руб.; в районах городов Оренбурга, Челябинска - 63,58 руб.; в райо-

нах городов Норильска, Салехарда - 244,82 руб. на один автомобиль в год. Следовательно, использование воздухообогрева автомобилей на строительстве трубопроводов оправдывается во всех зонах холодного климата.

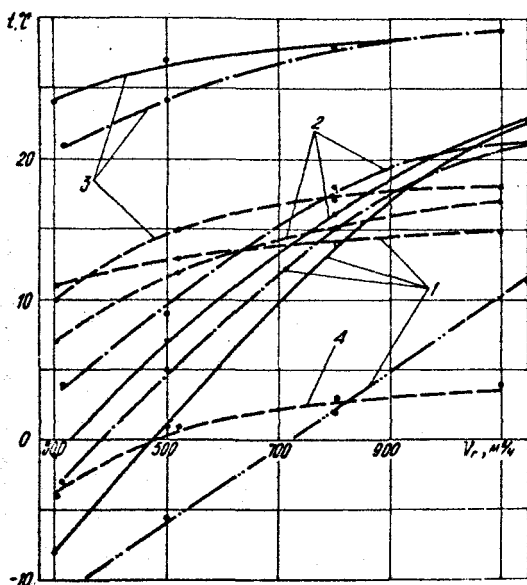


Рис. 5. Зависимость уровней стабилизации температуры в контрольных точках автомобиля КраЗ-256 от количества подаваемого воздуха:  $t_r = 31^{\circ}\text{C}$ ;  $U_w = 1$  м/с; с утеплительным капотом; --- - подача через "рамку",  $t_x = -15^{\circ}\text{C}$ ; — — — - подача через радиатор с установленной рамкой,  $t_x = -18^{\circ}\text{C}$ ; — — — - подача через радиатор, низ подкапотного пространства зачехлены от бампера до коробки передач,  $t_x = -24^{\circ}\text{C}$ ; — — — - низ подкапотного пространства не зачехлен; 1 - масло в поддоне картера, 2 - рубашка охлаждения 4-го цилиндра внизу, 3 - воздух над двигателем у радиатора, 4 - аккумуляторная батарея

## Общие выводы и рекомендации

1. Оптимальные условия пуска двигателя после межсменного хранения при использовании товарных сортов топлива и масел независимо от климатических условий обеспечиваются, если температура механизмов и систем двигателя, поступающего в цилиндры воздуха и аккумуляторной батареи составляет не менее  $10^{\circ}\text{C}$ .

2. Основным критерием оценки технического совершенства тепловых способов воздействий следует считать возможность обеспечения ими полного объема комплексной целевой подготовки агрегатов, систем и механизмов автомобиля до температуры  $10 \dots 15^{\circ}\text{C}$  при минимальных затратах.

3. Полученная математическая модель адекватно отражает реальный процесс тепло- и воздухообмена в подкапотном пространстве и может быть использована для решения теоретических и практических вопросов тепловой подготовки. Наибольшее относительное отклонение опытных точек от расчетной кривой при рассредоточении потока теплоносителя по нижней части подкапотного пространства не превышает  $10\%$ , а при подаче через радиатор  $20\%$ .

4. С целью максимального использования теплообмена в радиаторе для повышения эффективности воздухообогрева соединительные устройства должны обеспечивать прохождение потока теплоносителя по воздушному такту нижней части остова высотой  $150-200$  мм.

5. При эксплуатации автомобилей с термостатом частичное использование теплообмена в радиаторе для повышения эффективности воздухообогрева возможно лишь при температуре подаваемого воздуха более  $100^{\circ}\text{C}$ .

6. Обобщающим критерием, характеризующим минимально-предельный температурный уровень систем и механизмов двигателя при воздухообогреве следует считать следующую величину средней температуры подкапотного пространства:

- при подаче через радиатор и наличии теплообмена между радиатором и двигателем  $10 \dots 13^{\circ}\text{C}$ , при отсутствии теплообмена между ними  $22 \dots 28^{\circ}\text{C}$ ;

- при подаче под двигатель сосредоточенной струей  $17 \dots 20^{\circ}\text{C}$  и при ее рассредоточении к местам поступления холодного воздуха  $10 \dots 13^{\circ}\text{C}$ .

7. Обоснован теоретически и проверен экспериментально способ воздушного обогрева автомобилей, обеспечивающий при минимальных расходах тепла их комплексную тепловую подготовку. Применение данного способа для обогрева автомобилей КраЗ снижает расход тепла на  $50 \dots 55\%$ .

8. У автомобилей северных модификаций целесообразна герметизация

подкапотного пространства с регулируемым выходом воздушного потока к аккумуляторной батарее и коробке передач. Уплотнение только нижней части подкапотного пространства автомобиля КраЗ снижает затраты тепла при воздухообогреве на 25 . . . 30%.

9. Выполненный комплекс исследований позволил создать передвижную промышленную установку для обогрева автомобилей на строительстве магистральных трубопроводов. Новизна основных узлов установки защищена авторскими свидетельствами № 234046 и 364757.

10. Годовой экономический эффект от использования установок в различных климатических зонах составил 140 . . . 450 руб. на один автомобиль (акт внедрения от 29 декабря 1972 г.). Высокая эффективность и удовлетворительные результаты эксплуатационных испытаний опытной партии установок ПСВ явились основой для организации серийного их выпуска на Люберецком экспериментальном заводе строительных конструкций треста "Союзгазспецстрой".

11. Многочисленные запросы различных организаций на установку ПСВ, получаемые Челябинским политехническим институтом, трестом "Союзгазспецстрой" и Люберецким экспериментальным заводом, подтверждают актуальность проведенных научных исследований.

12. Дальнейшую научно-исследовательскую работу по воздухообогреву следует вести в направлении создания систем с рециркуляцией воздуха из подкапотного пространства и с автоматическим управлением процессом подогрева, что обеспечит оптимальное тепловое состояние двигателя и обслуживающих его систем по заданному закону в любых климатических условиях.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Анализ основных конструктивных параметров установок для воздухоподогрева автомобилей. "Автомобильный транспорт", 1965, № 8 (соавторы Анишкин Л.Г., Королев Р.А.)

2. Выбор воздухопроводов для системы воздухообогрева автомобилей. Сб. "Автомобили, тракторы и двигатели", № 62 ш.П, Челябинск, ЧПИ, 1968 (соавтор Королев Р.А.)

3. Анализ теплового состояния двигателя при воздухообогреве. Сб. "Автомобили, тракторы и двигатели", № 62, ч.П, Челябинск, ЧПИ, 1968 (соавторы Королев Р.А. и др.)

4. Устройство для воздушного обогрева двигателя внутреннего сгорания. Авторское свидетельство № 234046 от 11 октября 1968 г. "Открытие, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки" (соавторы Анишкин Л.Г. и др.)



5. Передвижная установка для тепловой предпусковой подготовки автомобилей при безгаражном содержании в зимний период на трассах строительства магистральных газопроводов. "Проектирование и строительство трубопроводов и газопроводных сооружений", 1971, № 3 (соавторы Анискин Л.Г. и др.)

6. Расчет параметров теплоносителя при воздухообогреве автомобилей. Сб. "Техническая эксплуатация, надежность и совершенствование автомобилей", № 106, Челябинск, ЧПИ, 1972 (соавтор Анискин Л.Г.)

7. Теплогенератор. Авторское свидетельство № 364757 от 12 октября 1972 г. "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки" (соавторы Анискин Л.Г. и др.)

8. Возможность повышения эффективности использования автотранспорта в зимний период. "Строительство трубопроводов", 1971, № 10 (соавторы Анискин Л.Г. и др.)

9. К исследованию теплообмена в радиаторе при воздухообогреве машины. Сб. "Техническая эксплуатация, надежность и совершенствование автомобилей", № 144, Челябинск, ЧПИ, 1975 (соавтор Анискин Л.Г.)

Б а р а н ч у к Петр Васильевич

Исследование способов повышения  
эффективности и средств реализации  
воздушного обогрева автомобилей  
на строительстве трубопроводов

Техн. редактор Н.В. Бортникова

---

ФБ 04961. Подписано в печать 12/V-75 г. Формат бумаги 60x90 1/16.  
Объем 1,5 п.л. Отпечатано на ротапринтере ЧПИ. Тираж 120 экз.  
Заказ № 192/738.