

## ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯТОР ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

**В статье представлено описание конструкции теплового аккумулятора на основе раствора ацетата натрия. Конструкция теплового аккумулятора представляет собой чехол, закрепленный с внешней стороны двигателя и работающий за счет поглощения выделяемого двигателем тепла. Тепловой аккумулятор способен поддерживать температуры в течение межсменной стоянки для обеспечения надежного запуска двигателя строительной машины. Благодаря использованию теплового аккумулятора удается уменьшить износ деталей двигателя и снизить эксплуатационные затраты на использование техники.**

**Ключевые слова:** эксплуатация строительных машин, зимние условия, предпусковая подготовка, двигатель внутреннего сгорания, тепловой аккумулятор.

Освоение нефтяных и газовых месторождений на территории севера Западной Сибири началось еще в середине 50-х годов прошлого века и в настоящее время активно смещается все дальше на север, северо-восток страны. Климат этих регионов характеризуется долгими зимами с низкими отрицательными температурами воздуха, сопровождаемыми сильными ветрами.

Использование строительной техники при отрицательных температурах воздуха ниже  $-25^{\circ}\text{C}$  влечет необходимость тепловой подготовки двигателя и гидропривода машины перед пуском в работу. В течение межсменной стоянки при низкой температуре окружающего воздуха все системы строительной машины стремительно остывают, что влечет за собой повышение вязкости горюче-смазочных материалов, увеличение износа движущихся частей двигателя и трансмиссии, элементов рабочего оборудования, ухудшение характеристик аккумуляторной батареи, изменение прочностных свойств материалов и т.п. [1, 3].

Обеспечение надежного запуска двигателя машины требует временных и финансовых затрат. Предприятия, эксплуатирующие технику в суровых климатических условиях севера, теряют значительную часть финансовых ресурсов не только при подготовке машины к работе, но и из-за того, что техника не в состоянии реализовать полностью потенциал по производительности, заложенный в конструкцию ее изготовителем.

Проблема усугубляется отсутствием вблизи нефтегазовых месторождений достаточного количества баз механизации, теплых боксов для межсменной стоянки, стационарных источни-

ков энергии, которые могли бы обеспечить надежную и эффективную эксплуатацию техники в зимний период.

Для решения проблемы предлагаются различного рода предпусковые подогреватели и способы подготовки машины к работе после межсменной стоянки. Использование специальных горюче-смазочных материалов в большинстве случаев решает проблему, однако при температуре окружающего воздуха ниже минуса  $25^{\circ}\text{C}$  появляется необходимость применения дополнительных средств, обеспечивающих безаварийный запуск ДВС.

Средства обеспечения запуска двигателя строительной машины можно разделить на три вида:

**1. Пусковые средства, облегчающие запуск двигателя** после межсменной стоянки. Данные средства применяются с целью облегчения сгорания и воспламенения топлива в двигателе во время запуска при температуре окружающего воздуха до минуса  $25^{\circ}\text{C}$ . К ним относятся средства улучшения пусковых качеств ДВС (устройства, изменяющие степень сжатия и фазы газораспределения при запуске), средства разогрева воздуха на впуске в камеру сгорания (электрофакельные подогреватели, свечи накаливания), средства улучшения воспламенения топлива (использование легковоспламеняющихся жидкостей, свечей накаливания).

**2. Предпусковые средства, обеспечивающие тепловую подготовку двигателя к запуску** после межсменной стоянки. Принцип работы данных устройств заключается в разогреве двигателя машины в течение получаса при температуре окружающего воздуха минуса  $40^{\circ}\text{C}$  для обеспечения бе-

заварийного запуска двигателя [4]. К этим средствам относятся инфракрасные, газозвоздушные обогреватели, подогреватели, работающие на топливе, электрические подогреватели.

3. Предпусковые средства, обеспечивающие поддержание теплового режима двигателя в период межсменной стоянки. Принцип, заложенный в работе данных устройств, заключается в поддержании температуры неработающего двигателя, необходимой для запуска в течение 5 минут при температуре окружающего воздуха минус 40 °С [4]. К этим средствам предпусковой подготовки относятся теплоизоляционные чехлы и кожухи, инфракрасные, газозвоздушные обогреватели, подогреватели, работающие на топливе, электрические подогреватели, тепловые аккумуляторы.

Применение указанных средств предпусковой подготовки позволяет увеличить производительность машины в течение рабочей смены за счет снижения затрат на подготовку ее двигателя к работе, а также способствует уменьшению износа деталей. Однако при этом, как правило, требуются дополнительные источники тепловой энергии. С другой стороны, в процессе работы машины большое количество тепла, образовавшегося в результате сгорания топлива в двигателе, безвозвратно теряется через стенки двигателя, относится в окружающую среду системой охлаждения и выхлопными газами.

Тепловой расчет на примере экскаватора ЭО-5126 показал, что за год потери тепла двигателя, бесполезно уносимые в окружающую среду, составляют более 100 тыс. МДж при средней годовой наработке – 3600 часов. Для сравнения – этой энергии вполне достаточно для отопле-

ния в течение года жилого дома площадью 250 м<sup>2</sup>. Таким образом, целесообразно использовать тепло, теряемое работающим двигателем внутреннего сгорания, для повышения эффективности эксплуатации строительной машины зимой. Для достижения этой цели предлагается использовать тепловой аккумулятор, позволяющий накапливать тепло во время работы машины и сохранять его в период межсменной стоянки, поддерживая температуру двигателя в пределах, достаточных для его надежного запуска.

Среди всех разновидностей тепловых аккумуляторов следует выделить те, в основе которых используются теплоаккумулирующие материалы, претерпевающие фазовый переход с последующим выделением тепловой энергии. Тепловые аккумуляторы подобного типа являются наиболее перспективными с точки зрения создания новых устройств для запуска ДВС в условиях низких температур.

Общий принцип, заложенный в конструкциях тепловых аккумуляторов, заключается в передаче тепловой энергии, выделенной или заранее запасенной, к двигателю машины для обеспечения надежного запуска при низкой температуре воздуха [1].

Первоначально, во время работы строительной машины, тепловой аккумулятор накапливает тепло от двигателя. Температура теплоаккумулирующего материала в результате этого процесса нагревается до рабочей температуры двигателя +95 °С.

На I этапе межсменной стоянки происходит снижение температуры двигателя до тех пор, пока она не сравняется с температурой окружающей среды (для приведенной схемы

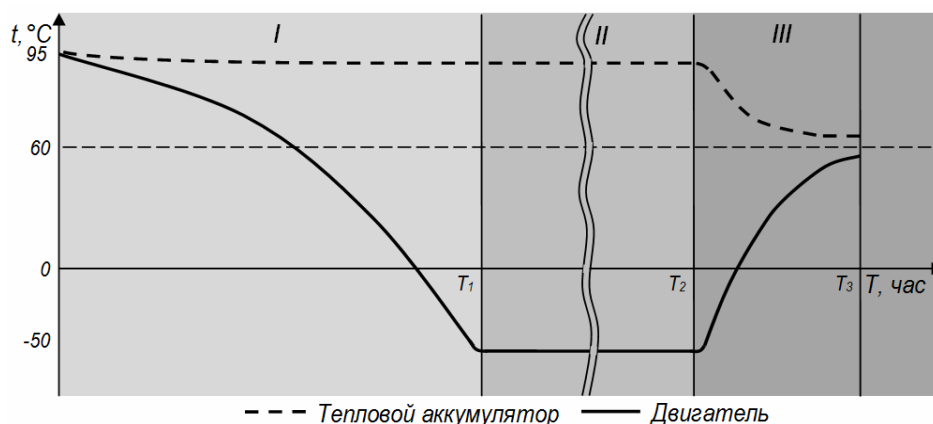


Рисунок 1. Зависимость изменения температуры теплового аккумулятора и двигателя во время межсменной стоянки (для конструкций, предложенных ранее [1])

–50 °С). При этом тепловой аккумулятор сохраняет накопленное тепло.

II этап работы теплового аккумулятора заключается в сохранении накопленного тепла в отдельной теплоизолированной емкости, наполненной теплоаккумулирующим материалом. При этом температура теплоаккумулятора постепенно снижается, однако его конструкция рассчитана таким образом, что запасенного тепла достаточно на период межсменной стоянки (до 8-ми часов), чтобы сохранить температуру, достаточную для предпускового подогрева и запуска двигателя.

На III этапе работы теплового аккумулятора происходит передача тепла от теплоаккумулятора к нагреваемым частям двигателя. Теплопередача, как правило, осуществляется за счет прокачки горячего теплоносителя через подрубочное пространство двигателя. Температура ДВС в результате нагрева от теплового аккумулятора увеличивается до +50...60 °С, что позволяет облегчить его запуск.

Однако минусом подобного рода тепловых аккумуляторов является то, что через охлажденный до –50 °С ДВС машины прокачивается горячий теплоаккумулирующий материал с температурой 95 °С, такое резкое изменение температуры ДВС приводит к возникновению термических напряжений в металле, что в свою очередь может привести к разрушению двигателя.

Другим недостатком существующих конструкций является проблема установки теплового аккумулятора на базовую машину и заключается в необходимости внесения изменений в конструкцию машины, что, безусловно, влияет на надежность машины в целом. Процесс установки требует необходимых навыков от специалистов, производящих установку, что приводит к увеличению эксплуатационных затрат. Отсутствие универсальной конструкции теплового аккумулятора, устанавливаемого независимо от типа машины, ограничивает их массовое использование.

С учетом перечисленных выше недостатков существующих тепловых аккумуляторов предложена конструкция теплового аккумулятора, способного обеспечить поддержание температуры двигателя строительной машины не ниже –10 °С, т.е. достаточной для надежного запуска, в течение 8...10 часов межсменной стоянки при температуре окружающего воздуха –30...–40 °С.

Авторами предложена конструкция теплового аккумулятора, работа которого основана на выделении и поглощении тепла при изменении фазового состояния теплоаккумулирующего материала. Применение теплового аккумулятора не требует внесения каких-либо существенных изменений в конструкцию двигателя и других систем машины, он легко монтируется, прост в обслуживании, не требует дополнительного источника энергии.

Конструкция теплового аккумулятора представляет собой несколько секций-контейнеров с теплоаккумулирующим материалом на основе ацетата натрия, закрепленных на поверхности блока цилиндров и поддона ДВС, сверху закрытых теплоизоляционным чехлом, состоящим из нескольких слоев (рис. 2).

Наружный слой представляет собой синтетическое основание 8, на котором крепятся все последующие слои. Данный слой изготавливается из прочной армирующей сетки с полиэфиром. Применяемый материал слоя позволяет достичь необходимой прочности теплового аккумулятора для использования его на ДВС строительной машины.

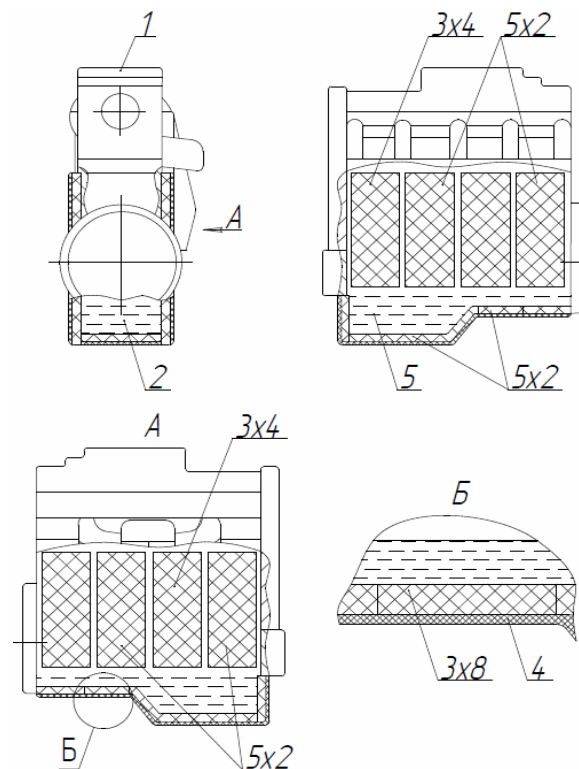


Рисунок 2. Тепловой аккумулятор для поддержания пусковой температуры ДВС строительной машины: 1 – двигатель; 2 – моторное масло; 3 – оболочки с раствором ацетата натрия; 4 – теплоизоляция; 5 – датчики для измерения температуры.

Слой 7 является теплоизоляционным, в виде вспененного полиэтилена, с одной стороны покрытого алюминиевой фольгой для улучшения теплоизоляционных качеств. Теплоизоляционный слой необходим для предотвращения потерь тепла в процессе работы ДВС, необходимого для зарядки теплового аккумулятора и сохранения тепловой энергии ДВС машины в течение межсменной стоянки. Теплоизоляционный слой исключает потери тепла в окружающую среду, тем самым эффективно поддерживает пусковую температуру ДВС.

Слой 6 представляет из себя отдельные секции, заполненные фазопереходным теплоаккумулирующим материалом на основе раствора ацетата натрия. Данный слой по сути и является тепловым аккумулятором и источником тепла в течение работы и межсменной стоянки строительной машины соответственно. Состав используемого теплоаккумулирующего материала получен в результате проведенных исследований и апробирован при проведении лабораторных и натурных экспериментов. Секции теплового аккумулятора изготовлены из полиуретана с температурой использования от минус 45 °С до плюс 105 °С. Такой широкий температурный диапазон для материала секций объясняется тем, что данный слой непосредственно взаимодействует с работающим двигателем, с одной стороны, и низкими температурами окружающего воздуха – с другой. Материал секций является достаточно прочным, чтобы обеспечить целостность конструкции теплового аккумулятора в процессе его эксплуатации, установки и снятия с двигателя строительной машины.

Благодаря использованию послышной конструкции теплового аккумулятора удалось достичь минимальных потерь тепла, выделяемого

двигателем в течение рабочей смены, поскольку каждый слой выполняет теплоизолирующую функцию.

Секции теплового аккумулятора закрепляются на поверхности блока цилиндров и масляного поддона двигателя, так чтобы обеспечить плотное прилегание.

В результате использования предлагаемого теплового аккумулятора удастся избежать появления термических напряжений в ДВС, так как рабочий процесс аккумулятора заключается в поддержании температуры моторного масла ДВС в отличие от ранее предлагаемых тепловых аккумуляторов, где осуществляется нагрев ДВС после стоянки.

Зависимость изменения температуры предложенной конструкции теплового аккумулятора и двигателя строительной машины от времени межсменной стоянки представлено на рисунке 3.

В отличие от предлагаемых ранее конструкций (рисунок 1) тепловой аккумулятор поддерживает температуру двигателя в период межсменной стоянки, не давая ей опуститься ниже –10 °С.

Время зарядки теплового аккумулятора равняется 4 часам, что обеспечивает полную зарядку в течение 8-часовой рабочей смены.

Во время межсменной стоянки происходит постепенное остывание двигателя и теплового аккумулятора (I этап) до момента остывания теплоаккумулирующего вещества до 0...–7 °С, когда начинается фазовый переход – самопроизвольное изменение агрегатного состояния, переход вещества из жидкого состояния в твердое, сопровождающееся выделением тепла и нагревом теплового аккумулятора до +57 °С. В зависимости от количества секций теплового аккумулятора и их расположения происходит

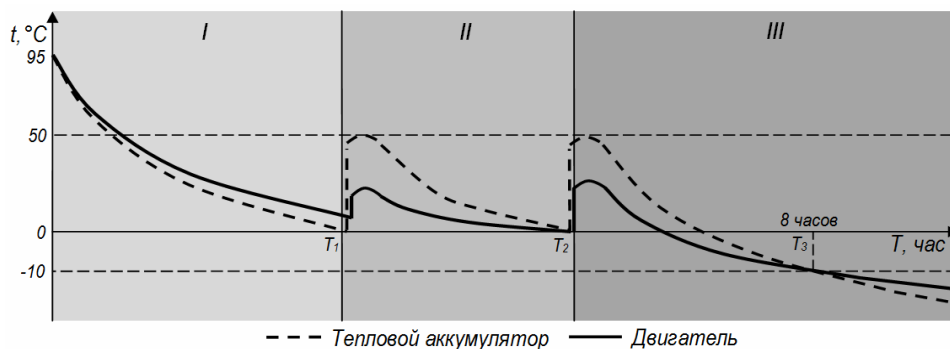


Рисунок 3. Зависимость изменения температуры теплового аккумулятора и двигателя строительной машины во время межсменной стоянки (предложенная конструкция)





а)



б)

Рисунок 4. Тепловой аккумулятор на основе раствора ацетата натрия: а – опытная установка, б – секции теплового аккумулятора перед установкой на двигатель экскаватора

последовательное фазовое превращение теплоаккумулирующего вещества и повышение температуры двигателя. Температура моторного масла в результате такого нагрева повышается с 0 до 10 °С, что позволяет поддерживать температуру, достаточную для надежного запуска двигателя машины в течение 8–10-часовой межсменной стоянки.

Для теоретического обоснования предлагаемого метода поддержания пусковой температуры ДВС в межсменный период использовалась классическая теория теплопередачи.

В результате проведенного анализа веществ, способных изменить характеристики используемого раствора ацетата натрия, удалось подобрать новый состав, который полностью соответствовал требованиям теплоаккумулирующего материала.

Предлагаемый состав теплоаккумулирующего материала отличается от ранее запатентованных разработок максимальной температурой кристаллизации, она увеличилась с 40 °С до 50 °С, увеличилась температура начала реакции самокристаллизации с -10 до -5 °С, и уменьшилось время, необходимое для перехода из твердого агрегатного состояния в жидкое. Все эти изменения теплоаккумулирующего материала позволяют повысить эффективность теплового аккумулятора в целом.

Предлагаемая конструкция имеет ряд преимуществ:

- в отличие от уже существующих средств предпусковой подготовки двигателя не требует дополнительных источников тепловой энергии, зарядка теплоаккумулятора осуществляется в процессе работы машины в течение 3...4 часов;

- процедура установки теплового аккумулятора не требует специального оборудования и может осуществляться водителем самостоятельно;

- не требует внесения дополнительных изменений в конструкцию машины;

- срок использования теплового аккумулятора соизмерим со сроком эксплуатации самой строительной машины.

На основе проведенных исследований разработана конструкция теплового аккумулятора для двигателя ЯМЗ-238 (рисунок 4). Проведенные натурные испытания [2] показали правильность подхода конструирования теплового аккумулятора, эффективность применяемых материалов, позволили усовершенствовать методику расчета устройства и определить его оптимальное расположение на базовой машине для обеспечения наиболее эффективной теплопередачи.

Тепловой аккумулятор предназначен для обеспечения эффективного запуска двигателя автомобиля или строительной машины, эксплуатируемой в условиях низких температур окружающего воздуха. Тепловой аккумулятор может быть адаптирован под любой тип ДВС (бензиновый, дизельный) как отечественного, так и импортного производства.

19.09.2011

**Список литературы:**

1. Вашуркин, И.О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой [Текст] / И.О. Вашуркин. – Тюмень, ТюмГНГУ, 2001. – 145 с.
2. Карнаузов Н.Н., Пустовалов И.А., Яркин А.В. Тепловой аккумулятор для поддержания пусковой температуры ДВС в период межсезонной стоянки строительной машины в зимний период [Текст] // Отраслевой журнал «Автотранспортное предприятие». 2010, ноябрь. М.: НПП Транснавигация, Минтранс России. С. 45-48. ISSN 2076-3050.
3. Карнаузов Н.Н., Мерданов Ш.М., Шефер В.В., Иванов А.А. Эксплуатация машин в строительстве. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. – 440 с.
4. Свод правил по проектированию и строительству СП 12-104-2002 – «Механизация строительства. Эксплуатация строительных машин в зимний период» (одобрен постановлением Госстроя РФ от 27 февраля 2003 г. №25).

Сведения об авторах:

**Яркин Антон Викторович**, доцент кафедры транспортных и технологических систем  
Тюменского государственного нефтегазового университета, кандидат технических наук  
E-mail: tyumenivan@gmail.com

**Пустовалов Иван Алексеевич**, аспирант кафедры транспортных и технологических систем  
Тюменского государственного нефтегазового университета  
E-mail: tyumenivan@gmail.com

**UDC 62 – 686**

**Yarkin A.V., Pustovalov I.A.**

Tyumen state oil and gas university, e-mail: tyumenivan@gmail.com

**THERMAL BATTERY OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF CONSTRUCTION MACHINERY**

The authors describe the construction of thermal battery by sodium acetate solution. Design of thermal battery represents the case set forth on the outside of the engine and through the absorption of emitted heat engine. Thermal battery can support temperatures during parking spaces to ensure reliable engine of construction machinery. The use of thermal battery can reduce wear of engine parts and reduce operating costs for the use of technology.

Key words: maintenance of construction machinery, winter conditions, pre-starting preparation, thermal battery, internal combustion engine

**Bibliography:**

1. Vashurkin I.O., Acting Heat production and launch of mobile internal combustion engines for transport and building machines in the winter [text] / Vashurkin I.O -Tyumen, TGNGU, 2001.-145 pp.
2. Kharnauhov N.N., Pustovalov I.A, Yarkin A.V., Heat storage to maintain the temperature of engine starting during mezhsmennoy parking building machine in the winter [text] / Industry magazine «Motor transport enterprise», November, 2010.Moscow, Publisher - GMP Transnavigatsiya, Russian Ministry of Transport, ISSN 2076-3050, p. 45-48.
3. Kharnauhov N.N, Merdanov S.M., Schefer V.V, Ivanov A.A, Operation of machines in the building: the manual. – Tyumen: TGNGU, 2006. – 440pp.
4. Set of rules for design and construction joint venture 12-104-2002 -»Mechanization of the construction. Operation of construction machinery in the winter »(approved by Decree Gosstroj February 27, 2003, N 25).