

**(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С  
ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (PCT)**

(19) Всемирная Организация  
Интеллектуальной Собственности  
Международное бюро



(43) Дата международной публикации  
16 мая 2013 (16.05.2013)



(10) Номер международной публикации  
**WO 2013/070114 A1**

(51) Международная патентная классификация:  
*F01M 13/00* (2006.01)      *F01M 11/08* (2006.01)  
*F01M 13/04* (2006.01)

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2012/000765

(22) Дата международной подачи:  
17 сентября 2012 (17.09.2012)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(30) Данные о приоритете:  
2011145748 10 ноября 2011 (10.11.2011) RU

(72) Изобретатель:

(71) Заявитель : КУЗЬМИН, Сергей Михайлович  
(KUZMIN, Sergey Mikhailovich) [RU/RU]; Зеленоград,  
корп. 1126, кв. 543 Москва, 124460, Moscow (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для  
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM,

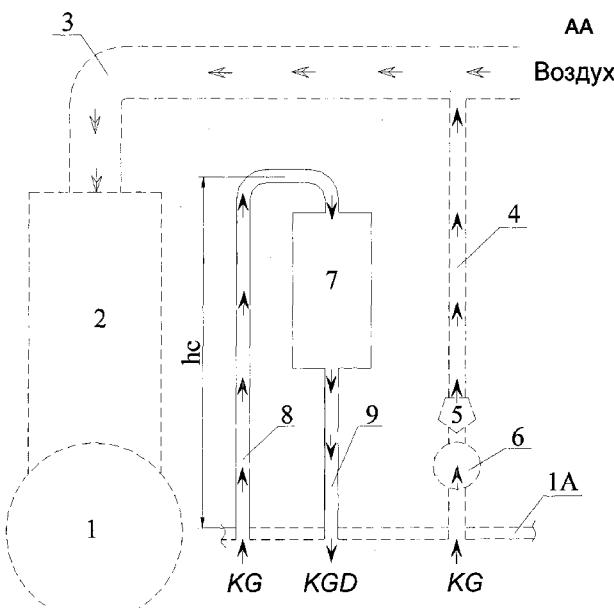
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,  
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для  
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,  
UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,  
TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,  
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[продолжение на следующей странице]

(54) Title: DEVICE FOR REDUCING VAPOUR CONDENSATION IN THE CRANKCASE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Название изобретения : УСТРОЙСТВО ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ КОНДЕНСАЦИИ ПАРОВ В КАРТЕРЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ



Фиг.1

AA... Air

(57) Abstract: The invention relates to mechanical engineering and can be used in engine construction. The technical result, consisting in reducing, or even preventing vapour condensation in the crankcase of an internal combustion engine, is achieved as a result of removing vapours from crankcase gases circulating along a circuit consisting of the crankcase (1), a duct (8), a condenser trap (7), a duct (9) and the crankcase (1) by means of vapour condensation in the condenser trap (7), which is coolable by ambient air. The crankcase gases (KG) are circulated along the above-mentioned circuit owing to the flue effect in said circuit in the engine cooling-down period after stopping and to operation of a duct fan (16) during starting and warming up of the engine. Condensate (13) flows along a pipe (18) from the condenser trap (7) to a condensate tank (21), from where said condensate drops via a valve (22), which is openable at operating temperature, into the warmed up crankcase (1), where said condensate evaporates, and vapours in the composition of the crankcase gases (KG) enter an intake collector (3).

(57) Реферат:

[продолжение на следующей странице]

**Декларации в соответствии с правилом 4.17:**

— об авторстве изобретения (правило 4.17 (iv))

**Опубликована:**

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

---

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в моторостроении. Технический результат, состоящий в уменьшении вплоть до предотвращения конденсации паров в картере двигателя внутреннего сгорания, достигается в результате удаления паров из картерных газов, циркулирующих по контуру картер (1) - канал (8) - холодильник-ловушка (7) - канал (9) - картер (1), путем конденсации паров в холодильнике-ловушке (7), охлаждаемом окружающим воздухом. Циркуляция картерных газов KG по указанному выше контуру происходит благодаря самотяге в этом контуре в период остывания двигателя после остановки и работе канального вентилятора (16) во время запуска и прогрева двигателя. Конденсат (13) по трубке (18) перетекает из холодильника-ловушки (7) в накопитель конденсата (21), откуда через клапан (22), открываемый при рабочей температуре, попадает в прогретый картер (1), где испаряется, и пары в составе картерных газов KG поступают во впускной коллектор (3).

5

10

15

**Устройство для уменьшения конденсации паров в картере двигателя внутреннего сгорания.**

20 Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в моторостроении.

Система вентиляции картера двигателя внутреннего сгорания служит для удаления из картера двигателя газов, поступающих в него при работе двигателя по зазорам между 25 поршнем и цилиндром (Crankcase ventilation system, Wikipedia). Удаление картерных газов необходимо не только для обеспечения нормального давления в картере двигателя, но и для удаления из него продуктов, оказывающих негативное воздействие на металлические части и масло. Картерные газы при рабочей температуре картера (около 100<sup>0</sup>C) представляют собой смесь газообразных продуктов сгорания топлива, паров 30 воды, фрагментов несгоревшего топлива и небольших количеств побочных продуктов сгорания и термического разложения топлива и масла.

Известны два типа систем вентиляции картера: открытая и закрытая. В открытой системе картерные газы отводятся в атмосферу, в закрытой - отсасываются во впускной коллектор двигателя и поступают со свежей порцией топлива на дожигание. Поскольку

- 35 при использовании открытой системы происходит загрязнение окружающей среды вредными примесями, в настоящее время предпочтительны закрытые системы вентиляции картера. Канал для подачи картерных газов из картера во впускной коллектор двигателя включает трубопровод, оснащенный клапаном вентиляции картера с установленным перед ним по ходу картерных газов маслоулавливающим устройством.
- 40 Клапан вентиляции картера открывается под действием перепада давления между газовым пространством картера и впускным коллектором двигателя и пропускает картерные газы по каналу для подачи картерных газов из картера во впускной коллектор двигателя. При этом частицы масла, содержащиеся в картерных газах, удаляются из них при проходе через маслоулавливающее устройство.

45

При прогретом работающем двигателе (температура картерных газов 100-110<sup>0</sup>C) вода и несгоревшее топливо в картерных газах находятся в газовой фазе.

50 При остановке двигателя вентиляция картера прекращается, двигатель начинает остывать. Когда температура в картере снижается до температуры точки росы (по воде и/или топливу), пары воды и/или топлива начинают конденсироваться в картере на поверхности стенок и масла.

55 При запуске и прогреве холодного двигателя горячие газы прорываются через зазоры колец поршней в холодный картер, где быстро остывают, смешиваясь с холодными газами и маслом, заполняющими картер, и пары конденсируются. Процесс конденсации продолжается до тех пор, пока температура в картере не повысится до температуры точки росы картерных газов, выше которой конденсация паров невозможна.

60 Конденсат топлива разжижает масло, а вода при работе двигателя образует с маслом эмульсию. И то, и другое ухудшает смазочные свойства масла и приводит к повышенному износу двигателя. Считается, что не менее 25% износа двигателя происходит при его запуске и прогревании. Особенно эта проблема актуальна в местностях с низкими температурами. Кроме того, при рабочей температуре картера (около 100<sup>0</sup>C) в присутствии воды качество масла быстро ухудшается из-за гидролиза присадок (Колунин А.В. "Влияние низких температур окружающей среды на 65 периодичность технического обслуживания силовых установок дорожных и строительных машин", дисс., Омск, 2006). Проблема конденсации паров в картере двигателя внутреннего сгорания обостряется ещё больше при эксплуатации двигателя в режиме т.н. «коротких поездок», когда цикл остывания-прогрева часто повторяется,

причём без полного прогрева двигателя, сопровождаясь, каждый раз конденсацией паров, что приводит к накоплению в масле воды и топлива.

Известны несколько способов уменьшения конденсации паров в картере двигателя внутреннего сгорания. Это отапливаемый гараж, обогреваемый водой из системы охлаждения двигателя картер(пат.20070245983 US), предстартовый подогрев картера горячим воздухом (пат. 5196673 US), электрический подогрев картера (пат. 5017758 US), система рециркуляции масла на стоянке через подогреватель и масляную систему двигателя (пат. 4245593 US), подогрев масла вне двигателя и заливка его в картер перед запуском двигателя (Колунин А.В. "Влияние низких температур окружающей среды на периодичность технического обслуживания силовых установок 75 дорожных и строительных машин", дисс., Омск, 2006). Для решения этой задачи предлагается даже компьютерная система подготовки двигателя к запуску путем подогрева разных его частей отдельными нагревателями, управляемыми компьютером на основании показаний датчиков температуры и даже содержания воды в масле и вязкости последнего (2009/0283364 US). Для предотвращения конденсации паров в картере 80 двигателя спортивных самолетов после его остановки известен способ, состоящий в продувке картера после остановки двигателя осущенным продувкой через патрон с силикагелем воздухом (<http://www.aircraftspruce.com/catalog/eppages/engsaver.php>, [http://www.barkeraircraft.com/files/Engine\\_Dryer\\_Sport\\_Avi.pdf](http://www.barkeraircraft.com/files/Engine_Dryer_Sport_Avi.pdf), пат. 6155213 US). Все эти способы по их сути относятся к техническому обслуживанию, очевидно, что они не 85 универсальны, трудоемки, и малоэффективны.

Наиболее близким техническим решением по принципу действия и достигаемому техническому результату к предлагаемому является известная принудительная приточно-вытяжная вентиляция картера (<http://azbukadvs.ru/tehinfo/101-ventiliaciakartera.html>). Это 95 решение состоит в конструкции двигателя, позволяющей продувать картер наружным воздухом. Наружный воздух поступает в картер, например, через специальное отверстие, снабженное фильтром, в заливочной горловине для масла, под действием разрежения в картере, создаваемого за счёт отсоса через канал для подачи картерных газов во впускной коллектор двигателя. Поскольку температура точки росы наружного воздуха 100 значительно ниже температуры точки росы картерных газов (соответственно концентрация воды в наружном воздухе значительно ниже, чем в картерных газах), последние разбавляются воздухом с образованием смеси с температурой точки росы (и

соответственно концентрации воды в картерных газах) ниже температуры точки росы (и соответственно концентрации) картерных газов без такого разбавления; в результате

105 конденсация паров в картере уменьшается. Недостаток этой системы вентиляции заключается в том, что при остановке двигателя вентиляция картера прекращается и при остывании двигателя пары конденсируются, а при запуске и прогреве двигателя, когда происходит наибольшая конденсация паров в картере, и требуется наиболее интенсивная вентиляция для их удаления, она минимальна или отсутствует вследствие зависимости

110 интенсивности продувки картера от оборотов двигателя: при холостом ходе она минимальна или отсутствует. Главной особенностью системы приточно-вытяжной системы вентиляции картера, обуславливающей невысокую эффективность снижения конденсации паров во время запуска и прогрева двигателя, является её функциональная связь с топливно-воздушной системой двигателя, условия нормальной работы которой

115 ограничивают допустимое отношение объемной скорости воздуха через картер к расходу картерных газов величиной около 1 (Crankcase Ventilation, Systems Application and Installation Guide, 2009 Caterpillar®,

<http://blanchardmachinery.com/public/files/docs/PowerAdvisoryLibrary/CatAppInstGuide/Crankcase%20Ventilation.pdf>). Это ограничение потока воздуха через картер связано и с процессом

120 приготовления топливно-воздушной смеси (бензиновые двигатели), и с недопустимостью уноса масла во впускной коллектор двигателя, которое увеличивается с увеличением скорости потока газов через картер. Ограничение потока воздуха через картер делает невозможным необходимое для эффективного уменьшения вплоть до предотвращения конденсации паров разбавление наружным воздухом картерных газов

125 при запуске и прогреве, особенно при низких температурах (см. пример 2).

Специального устройства для уменьшения конденсации паров в картере двигателя внутреннего сгорания, достаточно близкого по конструкции и достигаемому техническому результату для того, чтобы взять его за прототип данного предложения,

130 неизвестно.

Целью данного предложения является создание устройства для уменьшения конденсации в картере двигателя внутреннего сгорания паров воды и топлива и при остановке и остывании двигателя, и при его запуске и прогреве.

135

Технический результат, достигаемый при помощи предлагаемого устройства, состоит в уменьшении конденсации в картере двигателя внутреннего сгорания паров воды и топлива и при остановке и остыании двигателя, и при его запуске и прогреве.

140 Указанный технический результат достигается тем, что на картере двигателя внутреннего сгорания устанавливается предлагаемое устройство (далее Устройство), включающее в себя холодильник-ловушку для охлаждения проходящих через него картерных газов, конденсации из них упомянутых паров и сбора их конденсата, представляющий собой охлаждаемую окружающим воздухом проточную для картерных газов емкость, подсоединенную к верху картера входным каналом для подачи в неё нагретых картерных газов и выходным каналом для возврата из неё охлажденных и осущененных газов в картер.

На фиг.1 представлена базовая принципиальная схема Устройства.

150 На фиг.2 представлена принципиальная схема Устройства, дополнительно включающее маслоулавливающее устройство, канальный вентилятор и испаритель конденсата, с теплоизолированным и обогреваемым каналом для подачи картерных газов в холодильник-ловушку.

На фиг. 3 представлена принципиальная схема Устройства с каналом для подачи 155 картерных газов в холодильник-ловушку, размещенным внутри блока цилиндров, и дополнительно включающего накопитель конденсата.

На фиг.4 представлены графики остыивания при температуре окружающего воздуха -20<sup>0</sup>С картера двигателя ЯМЗ-238 и холодильника-ловушки, расположенного в 160 подкапотном пространстве.

На фиг.5 представлена схема потоков картерных газов через Устройство при остыании двигателя после его остановки.

165 На фиг.6 представлены зависимости объемной скорости самотяги картерных газов через Устройство от времени остыивания двигателя ЯМЗ-238 при температуре окружающего воздуха -20<sup>0</sup>С при расположении холодильника-ловушки в подкапотном пространстве и вне его.

170 На фиг.7 представлена зависимость температуры точки росы от концентрации паров воды в картерных газах.

На фиг.8 представлены изменения реальных концентраций паров воды в картерных газах в первые минуты после остановки двигателя ЯМЗ-238, снабженного Устройством, при температуре окружающего воздуха  $-20^{\circ}\text{C}$  при расположении холодильника-ловушки в подкапотном пространстве и вне его.

175 На фиг.9 представлены изменения реальных концентраций паров воды в картерных газах во время остывания при температуре окружающего воздуха  $-20^{\circ}\text{C}$  после остановки двигателя ЯМЗ-238 без Устройства, и снабженного Устройством, с расположением холодильника – ловушки в подкапотном пространстве.

180 На фиг.10 представлена схема потоков картерных газов при прогреве после запуска двигателя, снабженного Устройством.

На фиг.11 представлены изменение реальной концентрации насыщенных паров воды в картерных газах двигателя ЯМЗ-238 без Устройства и концентраций (виртуальных и реальных) паров воды в картерных газах двигателя ЯМЗ-238, снабженного Устройством, при разных кратностях циркуляции картерных газов через Устройство в процессе прогрева при температуре окружающего воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$ .

190 На фиг.12 представлена зависимость температуры точки росы (по воде) картерных газов от кратности их циркуляции через Устройство в процессе прогрева двигателя ЯМЗ-238 после запуска при  $-25^{\circ}\text{C}$ .

На фиг.13 иллюстрируется процедура графического определения количества конденсата, выпавшего в картере и в холодильнике-ловушке при разных кратностях циркуляции картерных газов через Устройство за время прогрева двигателя ЯМЗ-238 от  $-25^{\circ}\text{C}$  до температуры точки росы картерных газов, соответствующей кратности циркуляции.

195 На фиг.14 показаны зависимости количеств конденсата, выпавших в картере двигателя ЯМЗ-238 и в холодильнике-ловушке за время прогрева двигателя от  $-25^{\circ}\text{C}$  до температур точки росы картерных газов при разных кратностях их циркуляции через Устройство.

200 На фиг.15 показано изменение концентраций (реальных и виртуальных) воды в картерных газах в процессе прогрева двигателя ЯМЗ-238 от  $0^{\circ}\text{C}$  при разных кратностях их циркуляции через Устройство.

- На фиг.16 показано изменение концентраций (реальных и виртуальных) воды в  
205 картерных газах в процессе прогрева двигателя ЯМЗ-238 от +20<sup>0</sup>C при разных кратностях их циркуляции через Устройство.
- На фиг.17 приведена зависимость объемной скорости самотяги картерных газов через Устройство от внешней температуры при температуре внутри канала для подачи газов в холодильник-ловушку +200<sup>0</sup>C.
- 210 На фиг.18 показана произвольно нарисованная зависимость температуры точки росы от концентрации в картерных газах виртуального вещества.
- На фиг.19 показаны изменения концентраций (виртуальных и реальных) в картерных газах виртуального вещества при разных кратностях циркуляции картерных газов через Устройство в процессе прогрева двигателя ЯМЗ-238 от -25<sup>0</sup>C
- 215 На фиг.20 показана в качестве примера схема конкретного воздушного холодильника-ловушки.
- На фиг.21 показаны для конкретного воздушного холодильника (см. фиг.20) изменения во времени реальной насыщенной концентрации воды в картерных газах при прогреве двигателя ЯМЗ-238 от -25<sup>0</sup>C без Устройства и "критическая" для кратности циркуляции 32 концентрация воды (см. таб.2)  
220 после холодильника-ловушки в случае двигателя с Устройством.
- На фиг.22 показаны текущие значения температуры картерных газов на выходе из холодильника-ловушки конкретной конфигурации (см. фиг.20) при разных кратностях циркуляции, текущие значения температуры картера и текущие  
225 значения «критической» для кратности циркуляции  $n=32$  температуры в процессе прогрева двигателя ЯМЗ-238 при температуре воздуха -25<sup>0</sup>C.
- На фиг.23 показаны изменения текущей концентрации насыщенных паров воды в картерных газах без Устройства и концентрации воды в картерных газах с Устройством, включающем конкретный холодильник-ловушку (см. фиг.20) с  
230 кратностью циркуляции картерных газов 32, во время прогрева двигателя ЯМЗ-238 при температуре воздуха -25<sup>0</sup>C.
- Примечание: на фиг.1-3 и 20 представлены принципиальные схемы Устройства, т.е. масштаб, пропорции и пространственное взаимное расположение элементов не соблюдаются.
- 235 Базовая принципиальная схема Устройства представлена на фиг.1.  
Штрихпунктирными линиями (здесь и на фиг. 2,3) условно изображены элементы

двигателя внутреннего сгорания, к которым присоединено Устройство. Это картер 1, стенка которого 1А схематически изображена отдельно, блок цилиндров 2, впускной 240 коллектор двигателя 3, канал 4 для подачи картерных газов *KG* во впускной коллектор 3. Канал 4 присоединен к картеру через клапан вентиляции картера 5 и маслоулавливающее устройство 6.

Холодильник-ловушка 7 присоединен к верхней стенке картера 1А при помощи входного канала 8 для подачи нагретых картерных газов *KG* в холодильник-ловушку 7, и 245 при помощи выходного канала 9 – для возврата охлажденных и осущенных картерных газов *KGD* обратно в картер 1. "Пустыми" стрелками показан поток всасываемого двигателем через впускной коллектор 3 воздуха, "залитыми" стрелками показаны потоки картерных газов *KG* из картера 1 через канал 4, маслоулавливающее устройство 6 и клапан вентиляции картера 5 во впускной коллектор 3 и из картера 1 через Устройство: 250 входной канал 8 для подачи нагретых картерных газов *KG* в холодильник-ловушку 7, холодильник-ловушку 7 и через выходной канал 9 для возврата охлажденных и осущенных картерных газов *KGD* в картер 1.

Работает устройство следующим образом.

255 Горячие картерные газы *KG* по входному каналу 8 поступают в холодильник-ловушку 7, где остыдают, плотность их увеличивается, из них выпадает конденсат, собирающийся в холодильнике-ловушке 7, остывшие и осущенные картерные газы *KGD* возвращаются по выходному каналу 9 в картер 1, где разбавляют картерные газы *KG*, снижая в них концентрацию паров, тем самым их температуру точки росы и, соответственно, 260 уменьшая их конденсацию.

Движение картерных газов через Устройство может обеспечиваться самотягой, возникающей в термоциркуляционном контуре:

картер 1 – входной канал 8 –холодильник-ловушка 7 –выходной канал 9 – картер 1 265 благодаря разности плотностей нагретых картерных газов *KG* и осущенных и остуженных газов *KGD* в горячем (входной канал 8) и холодном (холодильник-ловушка 7 и выходной канал 9), соответственно, коленах указанного контура. Благодаря самотяге, картерные газы *KG* циркулируют по этому контуру, охлаждаясь и теряя конденсат в холодильнике-ловушке 7, как самом холодном месте указанного контура, а не в картере 1, чем достигается указанный технический результат – уменьшение конденсации паров в 270 картере.

Для достижения максимального технического результата – предотвращения конденсации паров в картере - целесообразно внести в конструкцию Устройства следующие дополнения.

- 275 Картерные газы представляют собой масляный туман, который не препятствует указанной термоциркуляции и конденсации паров в холодильнике-ловушке 7, однако, он может снижать полноту задерживания конденсированной фазы в холодильнике-ловушке за счёт частичного проскака через него в картер капелек масла с конденсатом, осевшим на их поверхности при конденсации. Поэтому, целесообразно входной канал 8,
- 280 соединяющий холодильник ловушку 7 с картером 1 присоединить к стенке картера 1А через известное маслоулавливающее устройство 10 (см. фиг.2,3), например, центрифугу, циклон, или коалесцентный фильтр.

Объемная скорость газов при самотяге зависит от разности температур в горячем и холодном коленах указанного термоциркуляционного контура (строка 260) и от высоты  $hc$  (фиг.1) этого контура (см. формулу 3а в примере 1, строка 502). Для поддержания во входном канале 8 повышенной температуры картерных газов  $KG$ , обеспечивающей более интенсивную термоциркуляцию картерных газов через Устройство, предотвращающую преждевременную конденсацию паров во входном канале 8 и стекание конденсата обратно в картер 1, целесообразно входной канал 8 покрыть теплоизоляцией 11, можно также дополнительно снабдить нагревательным элементом 12 (см. фиг.2), например, никромовой спиралью с электропитанием от бортовой системы электропитания (на фиг.2 не показана).

Для поддержания во входном канале 8 повышенной температуры он также может быть выполнен внутри блока цилиндров 2, как показано на фиг.3. Эта схема с размещением канала 8 для подачи нагретых картерных газов  $KG$  в холодильник-ловушку 7 в блоке цилиндров 2 имеет то ограничение, что её реализация возможна только при разработке нового двигателя, поскольку требует специальных конструктивных и технологических решений. В то время как для реализации схемы с размещением канала 8 снаружи блока цилиндров 2, показанной на фиг.2, требуется всего сделать два дополнительных отверстия в верхней стенке 1А картера существующего двигателя для подсоединения канала 8 и канала 9 (см. фиг.1,2).

Объемная скорость газов при самотяге тем больше, чем больше высота термоциркуляционного контура  $hc$  (см. формулу 3а в примере 1, строка 507), поэтому,

для более интенсивного движения картерных газов через Устройство, целесообразно вход канала 8 в холодильник-ловушку 7 располагать сверху последнего на максимально возможной по условиям компоновки двигателя высоте от верха картера 1  $h_c$ , а выход канала 9 для возврата охлажденных и осущенных газов в картер - снизу холодильника-ловушки 7 (см. фиг. 1,2,3).

Холодильник-ловушка 7 предназначен для охлаждения картерных газов  $KG$  до температуры ниже их температуры точки росы, что вызывает выпадение из них конденсата 13 в холодильнике- ловушке 7, а не в картере 1. Возможно принудительное 315 охлаждение холодильника-ловушки 7 любым известным способом, например, при помощи элементов Пельтье с питанием от бортовой системы электропитания. Однако, предпочтительно охлаждение наружным воздухом, поскольку температура наружного воздуха ниже, чем температура картера 1(под температурой картера здесь и далее мы будем понимать температуру картерных газов и масла, принимая их равными), и он 320 может служить естественным хладоагентом. Целесообразно использовать причину конденсации для уменьшения последней. Поэтому, целесообразно, чтобы холодильник-ловушка 7 был эффективным теплообменником между картерными газами  $KG$  и окружающим воздухом. Для этого целесообразно выполнить его в виде сосуда с развитой поверхностью теплообмена из хорошо теплопроводящего материала, с 325 минимально возможной, по условиям давления, толщиной стенок. Например, такой холодильник-ловушка 7 может быть выполнен из медного сплава (томпак или полуторомпак) в виде тонкостенного сильфона как на фиг.2,3,20 или круглого, или прямоугольного поперечного сечения. Прямоугольное сечение может быть 330 предпочтительнее, поскольку при одинаковых габаритных размерах площадь поверхности теплообмена больше, чем при круглом сечении.

Для выполнения функции ловушки, т.е. сбора конденсата, холодильник-ловушка должен иметь в своей нижней части достаточный объем для вмещения конденсата паров 13 (собственно ловушку). Этот достаточный объем обеспечивается, как показано на 335 фиг.2,3 тем, что начало выходного из холодильника-ловушки канала 9 располагается внутри сильфона на некотором расстоянии  $h_1$  от дна сильфона, обеспечивающем в совокупности с площадью поперечного сечения сильфона объем, достаточный для вмещения конденсата паров 13.

340 Поскольку, для обеспечения более эффективной теплопередачи стенки сильфона выполняются тонкими, целесообразно сильфон армировать проволочными кольцами 14 как показано на фиг.2 для предотвращения возможности разрыва сильфона избыточным давлением в случае часто встречающейся неисправности клапана вентиляции 5 картера 1.

345

Для улучшения теплопередачи от картерных газов *KG* к стенкам сильфона 7 и для выполнения функции маслоулавливающего устройства (в частном случае выполнения) целесообразно установить при входе газов *KG* в сильфон газораспределительное устройство 15, направляющее поток газов вдоль стенок сильфона.

350 Например, или в виде зонтика, как показано на фиг. 2, или лопастного распределителя, или винта Архимеда, дополнительно закручающих поток газов вокруг оси сильфона.

355 Для усиления циркуляции картерных газов *KG* через Устройство при холодном запуске двигателя, в начале которого термоциркуляция очень незначительна вследствие близости температур газов в картере 1 и холодильнике-ловушке 7, целесообразно дополнительно снабдить Устройство канальным вентилятором 16 (см. фиг.2) для принудительной циркуляции картерных газов *KG* через холодильник-ловушку 7, установленным в канал 9, преимущественно (меньшая температура газов), между холодильником ловушкой 7 и стенкой картера 1A, и подающим поток газов от 360 холодильника-ловушки 7 в картер 1. Канальный вентилятор 16 работает от бортовой системы электропитания (на фиг. не показана), включается при запуске двигателя и отключается после прогрева двигателя до заданной температуры выше точки росы картерных газов или бортовым компьютером, или от датчика температуры масла (на фиг. 2,3 не показаны), поскольку после превышения температуры точки росы картерных 365 газов работа устройства становится ненужной.

370 При холодном запуске двигателя для усиления циркуляции картерных газов через устройство за счёт самотяги можно также предварительно прогревать канал 8 при помощи нагревательного элемента 12, однако этот вариант может быть эффективен, как будет показано в примере 5 реализации Устройства, только при запуске двигателя при окружающей температуре выше 0°C.

Конденсат, собирающийся в холодильнике-ловушке 7, целесообразно утилизировать надлежащим образом, освобождая от него холодильник-ловушку 7 (см. 375 фиг.2) после остановки двигателя, т.к. в зимнее время конденсат может замерзать при стоянке и медленно оттаивать при работе двигателя в последующем, что может привести к нарушению работы Устройства. Для этого в частном случае Устройство дополнительно может быть снабжено испарителем конденсата 17 (см. фиг.2) для испарения конденсата 13 за счёт тепла отводимых картерных газов *KG* и подачи паров в 380 составе последних через канал 4 во впускной коллектор 3 с целью дожигания их в двигателе. Испаритель конденсата 17 выполнен в виде емкости, подсоединеной к дну холодильника-ловушки 7 трубкой 18, по которой конденсат 13 из холодильника-ловушки 7 стекает в испаритель конденсата 17. Испаритель конденсата 17 встроен в канал 4 для подачи картерных газов *KG* во впускной коллектор 3 между маслоулавливающим 385 устройством 6 и клапаном вентиляции картера 5 (см. фиг.2). Вход канала 4 в испаритель конденсата 17 выполнен в виде патрубка 19 из теплопроводящего материала, конец которого располагается внутри испарителя конденсата 17 на расстоянии от его дна *h2* (см. фиг.2), достаточном в совокупности с площадью поперечного сечения испарителя конденсата 17 для образования на дне последнего объема для вмещения конденсата 13.

390 Целесообразно для улучшения испарения конденсата 13 над концом патрубка 19 установить отражатель 20 в виде, например, зонтика для направления потока горячих картерных газов *KG* на поверхность конденсата 13. Для улучшения испарения конденсата 13 целесообразно, особенно для низких температур окружающего воздуха, покрыть испаритель конденсата 17 теплоизоляцией 11, причем заодно и 395 теплоизолировать клапан вентиляции картера 5, поскольку "примерзание" последнего является частой причиной неисправности двигателя при низких температурах.

В частном случае (см. фиг.3) для утилизации конденсата 13 нижняя часть 400 холодильника-ловушки 7, где собирается конденсат 13, может быть соединена трубкой 18 с накопителем конденсата 21, представляющим собой емкость, расположенную на верхней стенке 1А картера 1 и соединённую с внутрикартерным пространством через клапан 22, открываемый от датчика температуры (на схеме не показан) в картере при достижении ею рабочего значения, после чего конденсат 13 поступает в прогретый картер 1, испаряется там, и пары поступают с картерными газами *KG* по каналу 4 во 405 впускной коллектор 3 и далее по нему в цилиндры двигателя для дожигания. Клапан 22 приводится в действие известными способами. Это может быть соленоидный клапан,

срабатывающий от сигнала с датчика температуры масла (возможно через бортовой компьютер), или от термовыключателя, установленного на стенке картера 1А. Клапан 22 также может быть выполнен термомеханическим, например, срабатывающим от 410 биметаллической пластины. Для более быстрого оттаивания (при прогреве двигателя) конденсата 13 в накопителе конденсата 21 целесообразно последний закреплять на стенке картера 1А теплопроводящим соединением (на фиг.3 не показано), а сверху покрыть теплоизоляцией 11. Этот вариант выполнения Устройства с накопителем 415 конденсата 21 (фиг.3) по сравнению с испарителем конденсата 17 (фиг.2) может иметь предпочтение. Холодильник-ловушка 7 благодаря его описанной конструкции в виде 15 сильфона с ребреной внутренней поверхностью и наличию распределителя потока газа направляющего поток газов по этой ребреной поверхности, может служить маслоулавливающим устройством. Тогда, унесённое циркулирующими картерными 420 газами масло оседает на ребреной поверхности холодильника-ловушки, стекает в нижнюю часть последнего, откуда по трубке 18 через накопитель конденсата 21 и клапан 22 стекает обратно в картер 1. В этом частном случае возможно выполнение Устройства без маслоулавливающего устройства 10, что не только упрощает Устройство, но и уменьшает аэродинамическое сопротивление циркуляционного контура: картер 1-канал 8 –холодильник-ловушка 7 –канальный вентилятор 16- канал 9-картер 1.

425

Примеры реализации Устройства приводятся для двигателя ЯМЗ-238 со следующими характеристиками, приведенными в таб.1

Таб.1 Характеристики двигателя ЯМЗ-238 (далее Двигателя), не снабженного 430 Устройством.

Характеристика	Значение
Тип двигателя	Дизель
Мощность	176 кВт
Число цилиндров/расположение	8/двуярдный
Масса, кг	1075
Габариты, мм	
Длина	1220
Ширина	1005
высота	1220

Объем/масса масла в картере*, л/кг	33/30
Объем газа в картерном пространстве*, м <sup>3</sup> , (Vo)	0.070
Расход картерных газов* или (v) м <sup>3</sup> /мин, или (G) кг/мин	0.070
Температура прорывающихся в картер газов (KGB)*	200°C
Температура картерных газов (KG) и масла в картере прогретого двигателя*	100°C
Температура точки росы (по воде) картерных газов KG в картере прогретого двигателя, или в прорывающихся газах KGB	+45°C
Концентрация паров воды в картерных газах KG прогретого двигателя, или в прорывающихся газах KGB, г/м <sup>3</sup>	64

\*примерно.

**Таб.2 Сводная таблица терминов и обозначений, употребляемых в описании нижеследующих примеров реализации Устройства. Приводится для удобства чтения.**

Обозначение, термин	Значение Примечание: курсивом выделены термины, для которых даются пояснения в этой же таблице.	Размерность
C	Текущее значение или реальной (при рассмотрении частного случая остывания двигателя), или <i>виртуальной</i> и реальной (при рассмотрении частных случаев прогрева двигателя) концентрации паров в картерных газах KG в общем случае, в частности, в исходных формулах	г/м <sup>3</sup>
C <sub>0</sub>	Реальное значение концентрации паров в картерных газах KG в начальных условиях (в начале остывания или прогрева двигателя) в общем случае, числовые значения даются в примерах.	г/м <sup>3</sup>
C0,C1,C2,C4, C8, C16,C32.	Текущие <i>виртуальные</i> и реальные значения концентрации паров воды в картерных газах при <i>кратностях их циркуляции</i> n=0,1,2,4,8,16,32 (соответственно) через Устройство в частном случае при прогреве Двигателя от -25°C (см. фиг. 11,13).	г/м <sup>3</sup>
C00,C10,C20, C40	Текущие <i>виртуальные</i> и реальные значения концентрации паров воды в картерных газах KG при <i>кратностях их циркуляции</i> через Устройство n=0,1,2,4 (соответственно) в частном случае при	г/м <sup>3</sup>

	прогреве Двигателя при температуре окружающего воздуха $0^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.15).	
C020-C120-C220	Текущие <i>виртуальные</i> и реальные значения концентрации паров воды в картерных газах $KG$ при <i>кратностях их циркуляции</i> через Устройство $n=0,1,2$ (соответственно) в частном случае при прогреве Двигателя от $+20^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.16).	$\text{г}/\text{м}^3$
$C_1$	Концентрация паров в прорывных картерных газах $KGB$ , или, что то же, в картерных газах $KG$ Двигателя без Устройства при их температуре равной и выше температуры их точки росы $(+45^{\circ}\text{C})$	$65 \text{ г}/\text{м}^3$
$C_{cst}$	Текущие реальные значения концентрации воды в картерных газах $KG$ в частном случае, в первые минуты после остановки Двигателя (температура принимается постоянной в этом периоде), снабженного Устройством, размещенным вне подкапотного пространства при температуре окружающего воздуха $-20^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.8)	$\text{г}/\text{м}^3$
$C_{cst1}$	Текущие реальные значения концентрации воды в картерных газах $KG$ в частном случае, в первые минуты после остановки Двигателя (температура принимается постоянной в этом периоде), снабженного Устройством, размещенным в подкапотном пространстве при температуре окружающего воздуха $-20^{\circ}\text{C}$ , а температура подкапотного пространства $+20^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.8).	$\text{г}/\text{м}^3$
$Cdp$	Концентрация паров воды в газах в общем случае при температуре точки росы $Tdp$ (см. фиг.7).	$\text{г}/\text{м}^3$
$Cdpvir$	Концентрация <i>виртуального вещества</i> в газах при температуре его точки росы $Tdpvir$ (см. фиг.18).	$\text{г}/\text{м}^3$
$Ctr$	Текущие реальные значения концентрации воды в картерных газах в частном случае при прогреве Двигателя без Устройства при температуре окружающего воздуха $-25^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.11,13).	$\text{г}/\text{м}^3$
$Ctr0$	Текущие реальные значения концентрации воды в картерных газах в частном случае при прогреве Двигателя без Устройства от $0^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.15).	$\text{г}/\text{м}^3$

<i>Ctr19</i>	Текущие реальные значения концентрации воды в картерных газах при остывании Двигателя (по <i>Tkg19</i> ) без Устройства в частном случае при наружной температуре -20 <sup>0</sup> С (см. фиг.9)	г/м <sup>3</sup>
<i>Ctr20</i>	Текущие реальные значения концентрации воды в картерных газах в частном случае при прогреве Двигателя без Устройства от +20 <sup>0</sup> С (см. фиг.16).	г/м <sup>3</sup>
<i>Ctrv</i>	Текущие «реальные» значения концентрации <i>виртуального вещества</i> в картерных газах при прогреве Двигателя без Устройства от -25 <sup>0</sup> С (см. фиг.19).	г/м <sup>3</sup>
<i>Cv0-Cv32</i>	Текущие <i>виртуальные</i> и "реальные" значения концентрации <i>виртуального вещества</i> в картерных газах при <i>кратности циркуляции</i> $n=0,1,2,4,8,16,32$ (соответственно) при прогреве Двигателя без Устройства ( $n=0$ ) и с Устройством, при температуре окружающего воздуха -25 <sup>0</sup> С (см. фиг.19)	г/м <sup>3</sup>
<i>Cx</i>	Текущие реальные значения концентрации воды в картерных газах <i>KGD</i> после холодильника-ловушки в общем случае (исходных формулах) (см. фиг.5,10).	г/м <sup>3</sup>
<i>Cx19</i>	Реальные текущие значения концентрации воды в картерных газах <i>KGD</i> после холодильника-ловушки в частном случае его расположения в подкапотном пространстве и остывании Двигателя при температуре внешнего окружающего воздуха -20 <sup>0</sup> С. (см. фиг.9)	г/м <sup>3</sup>
<i>Cx19(t19)</i>	Аппроксимированные текущие значения концентрации воды в картерных газах <i>KGD</i> после холодильника-ловушки в частном случае его расположения в подкапотном пространстве и остывании Двигателя при температуре внешнего окружающего воздуха -20 <sup>0</sup> С. (см. фиг.9)	
<i>Cx32r</i>	Текущие реальные значения концентрации воды в картерных газах после холодильника-ловушки при <i>кратности циркуляции</i> картерных газов $n=32$ в частном случае примера 8 для конкретного холодильника-ловушки (см. строки 1257-1259).	г/м <sup>3</sup>
<i>C32r</i>	Текущие реальные значения концентрации воды в картерных газах <i>KG</i> в конкретном случае примера 8 (см. фиг.23).	

<i>Cxcr</i>	Текущие значения <i>критической концентрации</i> (максимальная концентрация воды в картерных газах <i>KGD</i> после холодильника-ловушки ниже которой возможно достижение максимального технического результата) паров воды в картерных газах <i>KGD</i> после холодильника-ловушки в частном случае прогрева Двигателя, снабженного Устройством, при температуре окружающего воздуха $-25^{\circ}\text{C}$ и <i>кратности циркуляции</i> $n=32$ (см. фиг.21 и таб.3)	$\text{г}/\text{м}^3$
<i>dp</i>	Обозначение на графиках положения точки росы (по температуре $+45^{\circ}\text{C}$ , или концентрации $65\text{г}/\text{м}^3$ соответственно) прорывных картерных газов <i>KGB</i> , или, что то же, картерных газов <i>KG</i> при прогретом выше температуры точки росы Двигателе без Устройства (фиг.4,9).	-
<i>F</i>	Площадь теплопередачи холодильника-ловушки	$\text{м}^2$
<i>G</i>	Минутный массовый расход картерных газов .	$0.07$ $\text{кг}/\text{мин}$
<i>gc</i>	Количества конденсата, выпавшие в холодильнике-ловушке за время прогрева картера от $-25^{\circ}\text{C}$ до температур точек росы картерных газов <i>KG</i> при разных <i>кратностях их циркуляции</i> $n$ (см. фиг.14).	$\text{г}$
<i>gg</i>	Количества конденсата, выпавшие в картере за время прогрева Двигателя (картера) от $-25^{\circ}\text{C}$ до температур точек росы картерных газов <i>KG</i> при разных <i>кратностях их циркуляции</i> $n$ (см. фиг.14).	$\text{г}$
<i>Gm</i>	Масса масла в картере.	$30 \text{ кг}$
<i>Gs=G/60</i>	Секундный массовый расход картерных газов .	$0.001$ $\text{кг}/\text{с}$
<i>Hkg</i>	Теплоемкость картерных газов	$1020$ $\text{Дж}/\text{кг}^{\circ}\text{C}$
<i>Hol</i>	Теплоемкость масла	$1670$ $\text{Дж}/\text{кг}^{\circ}\text{C}$
<i>K</i>	Коэффициент теплопередачи холодильника-ловушки	$\text{Вт}/\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$
<i>K·F</i>	Тепловая нагрузка холодильника-ловушки	$\text{Вт}/^{\circ}\text{C}$

$(K \cdot F)_{cr}$	См. критическая тепловая нагрузка	$Bm/\theta C$
$KG$	Картерные газы в картере двигателя	-
$KGB$	Прорывные, т.е. газы, поступающие в картерное пространство из цилиндров двигателя через поршневые зазоры	-
$KGD$	Осущеные картерные газы после холодильника-ловушки на входе в картер	-
$n$	<i>Кратность циркуляции</i> картерных газов через Устройство, отношение объемной скорости картерных газов через холодильник ловушку $n v$ к расходу картерных газов $v$ , или тоже самое: отношение объема газов, прошедшего через Устройство к объему газов, поступивших в картер: $n=Vx/V$	-
$Q$	Тепловой поток через поверхность холодильника-ловушки в общем случае	$Bm$
$q$	Объемная скорость <i>самотяги</i> картерных газов через Устройство или в общем случае (исходных формулах), или в частном случае остановки и остывания Двигателя при температуре окружающего воздуха $-20^{\circ}C$ и размещении Устройства вне подкапотного пространства (см. фиг.6)	$m^3/\text{сек}$
$q1$	Объемная скорость <i>самотяги</i> картерных газов через Устройство в частном случае остановки и остывания Двигателя при температуре окружающего воздуха $-20^{\circ}C$ и размещении Устройства в подкапотном пространстве (см. фиг.6).	$m^3/\text{сек}$
$q1(t19)$	Аппроксимированная зависимость объемной скорости <i>самотяги</i> картерных газов через Устройство от времени остывания Двигателя снабженного Устройством, расположенным в подкапотном пространстве, и при температуре окружающего воздуха $-20^{\circ}C$ (см. формулу на строке 646)	$m^3/\text{час}$
$q200$	Зависимость объемной скорости <i>самотяги</i> картерных газов в конкретном Устройстве от температуры окружающего воздуха (от $-25^{\circ}C$ до $+25^{\circ}C$ ) при температуре в канале для подачи нагретых картерных газов в холодильник-ловушку $+200^{\circ}C$ (см. фиг.17)	

<i>r0,r1,r2,r4,r8, r16,r32</i>	Обозначения на графиках точек реализации (превращения виртуального значения концентрации в реальное) виртуальных значений концентрации воды в картерных газах при кратности их циркуляции через Устройство $n = 0,1,2,4,8,16,32$ соответственно, в частном случае прогрева двигателя при температуре окружающего воздуха $-25^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.11,13)	-
<i>t</i>	Текущее значение времени с начала процесса остывания или прогрева Двигателя.	<i>Или сек, или мин или часы, дается в тексте</i>
<i>t19</i>	Текущее время с начала продолжительного остывания Двигателя в частном случае при $-20^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.4,9)	<i>час</i>
<i>Tar</i>	Температура окружающего воздуха.	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tdp</i>	Температура точки росы по воде в общем случае при концентрации паров <i>Cdp</i> (см. фиг.7).	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tdp0, Tdp1, Tdp2, Tdp4, Tdp8, Tdp16, Tdp32</i>	Температуры точки росы картерных газов <i>KG</i> в частном случае запуска при температуре $-25^{\circ}\text{C}$ Двигателя, снабженного Устройством, при <i>кратностях циркуляции</i> картерных газов через Устройство $n=0,1,2,4,8,16,32$ соответственно (см. фиг.11).	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tdpn</i>	Зависимость температуры точки росы картерных газов от <i>кратности циркуляции</i> картерных газов <i>n</i> в частном случае прогрева Двигателя от $-25^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.12).	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tdpvir</i>	Температура точки росы <i>виртуального вещества</i> при концентрации его паров <i>Cdpvir</i> (см. фиг.18).	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tkg</i>	Текущее значение температуры картерных газов в картере <i>KG</i> в общем случае (см. фиг.5,20), в частных случаях переобозначается в контексте	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tkg0</i>	Текущее значение температуры картерных газов <i>KG</i> в частном случае при прогреве Двигателя при температуре окружающего воздуха $0^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.15).	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tkg19</i>	Текущее значение температуры картерных газов <i>KG</i> в частном случае при остывании Двигателя при температуре окружающего	$^{\circ}\text{C}$

	воздуха $-20^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.4).	
<i>Tkg20</i>	Текущее значение температуры картерных газов <i>KG</i> в частном случае при прогреве Двигателя при температуре окружающего воздуха $+20^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.16).	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tkg25</i>	Текущее значение температуры картерных газов <i>KG</i> в частном случае при прогреве Двигателя при температуре окружающего воздуха $-25^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.11).	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tkgb</i>	Температура прорывающихся через поршневые зазоры из цилиндров в картер газов <i>KGB</i>	$200^{\circ}\text{C}$
<i>Tx</i>	Текущее значение температуры картерных газов <i>KGD</i> на выходе из холодильника-ловушки в общем случае (см. фиг.5,20), в частных случаях переобозначается	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tx1,Tx2,Tx4 , Tx8 ,Tx16, Tx32.</i>	Текущие значения температуры картерных газов <i>KGD</i> на выходе из холодильника-ловушки при <i>кратностях циркуляции</i> картерных газов через Устройство $n=1,2,4,8,16,32$ соответственно в частном случае выполнения и работы Устройства в примере 8 (см. фиг 22).	$^{\circ}\text{C}$
<i>Tx19</i>	Текущее значение температуры картерных газов <i>KGD</i> на выходе из холодильника-ловушки в частном случае расположения последнего в подкапотном пространстве при остывании Двигателя при температуре окружающего воздуха $-20^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.4).	$^{\circ}\text{C}$
<i>Txcr</i>	<i>Критическая температура</i> (максимальная температура картерных газов <i>KGD</i> на выходе из холодильника ловушки ниже которой возможно достижение <i>максимального технического результата</i> ) картерных газов <i>KGD</i> на выходе из холодильника ловушки в частном случае прогрева Двигателя, снабженного Устройством, при температуре окружающего воздуха $-25^{\circ}\text{C}$ (см. фиг.22).	$^{\circ}\text{C}$
<i>v</i>	Объемный расход картерных газов, равный объемной скорости поступления картерных газов <i>KGB</i> в картерное пространство.	$\text{m}^3/\text{мин}$
<i>V</i>	Объем картерных газов <i>KGB</i> , поступивших в картерное пространство через него за время <i>t</i> с запуска двигателя,	$\text{m}^3$

$V_0$	Объём газа в картерном пространстве.	$0.070\text{m}^3$
$Vx$	Объем картерных газов, прошедший через Устройство или с момента остановки, или с момента запуска (в контексте Двигателя за время $t$ до текущего момента.	$\text{m}^3$
Виртуальная концентрация	Концентрация в картерных газах паров, рассчитанная из воображаемого условия, что конденсации паров в картере не происходит. Понятие вводится для упрощения решения дифференциального уравнения материального баланса картера в частном случае описания процесса прогрева двигателя; при повышении температуры картерных газов до температуры точки росы, соответствующей этому виртуальному значению концентрации, последнее становится и остается при дальнейшем повышении температуры реальным (см. пример 2 фиг.11).	$\text{g/m}^3$
Виртуальное вещество	Воображаемое вещество с произвольно заданной зависимостью температуры точки росы $Tdpvir$ от его концентрации $Cdpvir$ (см. фиг.18) в картерных газах; вводится для демонстрации общности достигаемого технического результата в отношении любого вещества, имеющего температуру точки росы в рассматриваемом диапазоне температур картера, например, в отношении паров несгоревшего топлива.	-
Кратность циркуляции $n$	Нормировочный коэффициент « $n$ » - отношение объемной скорости картерных газов через холодильник ловушку $n v$ к расходу картерных газов $v$ , или то же самое: отношение объема газов, прошедшего через Устройство к объему газов, поступивших в картер: $n=Vx/V$	-
Критическая концентрация $Cxcr$	Концентрация паров в охлажденных и осущенных газах $KGD$ после холодильника-ловушки, соответствующая температуре точки росы, равной критической температуре (см. фиг.21).	$\text{g/m}^3$
Критическая температура $Txcr$	Текущее максимальное значение температуры картерных газов на выходе из холодильника-ловушки $Tx$ , в конкретных условиях (температура окружающего воздуха, температура картерных газов и кратность циркуляции) при котором и ниже которого в	$^{\circ}\text{C}$

	текущий момент времени конденсация паров в картере не происходит. См. примеры 7 и 8	
Критическая тепловая нагрузка $(K \cdot F)_{cr}$	Минимальное значение произведения коэффициента теплопередачи $K$ на величину поверхности $F$ холодильника-ловушки, при котором в конкретных условиях (температура окружающего воздуха, температура картерных газов и кратность циркуляции) прогрева двигателя картерные газы могут охладиться до критической температуры.	$Bm^{\theta}C$
Максимальный технический результат	Предотвращение конденсации паров в картере двигателя внутреннего сгорания	-
Самотяга	Явление движения газа (циркуляции) в замкнутом контуре, включающем вертикально расположенные горячее и холодное колена, возникающее благодаря разности удельных весов нагретого и охлажденного в каждом колене газа.	-

435

Пример 1. Двигатель, оборудованный Устройством с холодильником-ловушкой 7, размещенным вне подкапотного пространства, остановлен при температуре воздуха  $Tar = -20^{\circ}\text{C}$ , и картер 1 остывает (измеряют температуру масла в картере) по графику, 440 представленному кривой  $Tkg19$  на фиг.4. Здесь и далее принимаем, что температура картера, температура масла в нем и температура картерных газов  $KG$  равны. Рассмотрим процесс достижения технического результата при помощи Устройства – уменьшения конденсации паров в картере на примере паров воды.

Схема потоков картерных газов при остывании остановленного двигателя представлена 445 на фиг.5. Как на фиг.1-3, здесь 1- картер (точнее - газовое пространство картера), 8 - канал для подачи нагретых картерных газов  $KG$  в холодильник-ловушку 7, 9 – выходной канал холодильника-ловушки для возврата осущенных картерных газов  $KGD$  обратно в картер 1.

$Vx$ - объем картерных газов (на схеме не обозначен), прошедший через Устройство за 450 время  $t$  с момента остановки двигателя,  $\text{m}^3$ .

В газовом пространстве картера:

$C_0$  – начальная концентрация паров воды в картерных газах  $KG$  в момент остановки,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;

455  $C$  – текущее во время остывания двигателя значение концентрации воды в картерных газах  $KG$ ,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;

$C_x$  – текущее значение концентрации воды в картерных газах  $KGD$  после холодильника-ловушки 7,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;

$V_o$  – газовый объем картерного пространства,  $\text{м}^3$ ;

460  $T_{kg}$  – текущее значение температуры картерных газов  $KG$  в картере 1 и на входе в холодильник-ловушку 7;

$T_x$  – текущее значение температуры картерных газов  $KGD$  после холодильника-ловушки 7.

Дифференциальное уравнение материального баланса картера по воде для этих условий:

465

$$V_o \cdot dC = -dV \cdot C + dV \cdot C_x \quad (1).$$

Его решение по текущему значению концентрации воды  $C$  в картерных газах  $KG$ :

470  $C = C_x + (C_0 - C_x) \cdot e^{-\frac{V_x}{V_o}} \quad (2),$

или

$$C = C_x + (C_0 - C_x) \cdot e^{-\frac{q \cdot t}{V_o}} \quad (2a),$$

где

475  $q$  - объемная скорость самотяги картерных газов через Устройство,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ,

$t$  – время, прошедшее с момента остановки двигателя, сек.

Для упрощения задачи, в первом приближении, примем, что температура  $T_x$  картерных газов  $KGD$  на выходе из холодильника-ловушки 7 постоянна и равна температуре 480 окружающего воздуха  $T_{ar}$  ( $-20^{\circ}\text{C}$ ), и, следовательно, концентрация воды в них  $C_x$  – постоянна. Тогда из уравнения (2a) видно, что текущая концентрация воды в картерных газах  $KG$  (находящихся в картере)  $C$  является экспоненциальной функцией от объемной скорости самотяги  $q$  картерных газов  $KG$  через Устройство. Эту объемную скорость

можно определить, воспользовавшись известной формулой для определения тяги в  
 485 трубе (Дымовая труба-Википедия,  
[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%B0\\_%28%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1%D1%8B%29](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%B0_%28%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1%D1%8B%29)):

$$q = k \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot c \cdot \frac{T_i - T_e}{T_i}} \quad (3)$$

490 где

$q$ - объемная скорость самотяги,  $m^3/c$ ;

$k=0.65 \div 0.7$  коэффициент;

$a$ - площадь сечения потока,  $m^2$ ;

$g=9.8 \text{ м/сек}^2$  ускорение силы тяжести;

495  $h \cdot c$ - высота трубы,  $m$ ;

$T_i$ - средняя температура в трубе,  $^0K$ ; (горячая)

$T_e$ - температура окружающего воздуха снаружи,  $^0K$  (холодная).

Поскольку схема Устройства несколько отличается от схемы дымовой трубы, формулу

(3) следует адаптировать для Устройства следующим образом.

500 Примем что

$T_i$ - температура картерных газов  $KG$  в канале 8,  $T_i=Tkg+273$ ;

$T_e$ - средняя температура газов между их температурой ( $^0K$ ) на входе  $Tkg+273$  в холодильник-ловушку 7 и температурой картерных газов  $KGD$  после него –  $Tar+273$ , т.е.

$$T_e = \frac{Tkg + 273 + Tar + 273}{2}.$$

505 Тогда формула (3) примет вид:

$$q = k \cdot a \cdot \sqrt{g \cdot h \cdot c \cdot \left(1 - \frac{Tar + 273}{Tkg + 273}\right)} \quad (3a)$$

Примем

$k=0.65$ ;

510  $a=0.002 \text{ м}^2$  (диаметры канала 8, холодильника-ловушки 7 и канала 9 принимаем за 0.05 м);

$h \cdot c=1 \text{ м}$ .

Подставляя в формулу (3а) в качестве  $Tkg$  экспериментальные значения температуры картерных газов в канале 8  $Tkg19$  для частного случая остывания двигателя при  $-20^{\circ}\text{C}$  из графика остывания двигателя, представленного на фиг.4 кривой  $Tkg19$ , получаем значения объемной скорости самотяги  $q$  (на фиг.6) в Устройстве в разное время с начала остывания двигателя.

Подставляя в формулу (2а) значения:

$Cx=0.9 \text{ г}/\text{м}^3$  – концентрация воды в картерных газах  $KGD$  после холодильника – ловушки

520 7 при  $Tx = -20^{\circ}\text{C}$ , найденная из известной зависимости температуры точки росы  $Tdp$  от концентрации воды  $Cdp$  в газах, представленной на фиг.7,

$Co=65 \text{ г}/\text{м}^3$  начальная концентрация воды в картерных газах  $KG$  в момент остановки двигателя (из табл.1);

$Vo=0.070$  - объем газа в картерном пространстве,  $\text{м}^3$  из табл.1,

525  $q=0.002 \cdot \text{м}^3/\text{сек}$  (принимаем постоянной от времени, ввиду краткости (см. фиг.8) процесса) – значение объемной скорости самотяги картерных газов через Устройство в частном случае размещения последнего вне подкапотного пространства при температуре окружающего воздуха  $-20^{\circ}\text{C}$ , из графика на фиг.6 получаем текущие значения:

$C \text{-г}/\text{м}^3$  – концентрации воды в картерных газах после остановки двигателя,

530 представленные на фиг.8 кривой  $C_{cst}=C$ .

Как видно из графика на фиг.8 после остановки двигателя Устройство снижает в течение примерно 3-х минут концентрацию воды в картерных газах с  $65\text{г}/\text{м}^3$  (табл.1) до  $0.9\text{г}/\text{м}^3$  – значения, соответствующего температуре точки росы  $-20^{\circ}\text{C}$ , равной температуре  $Tar$  окружающего воздуха. Поэтому, охлаждение картера до этой внешней температуры в дальнейшем не приведет к конденсации паров в картере, что соответствует заявляемому техническому результату.

535 Кратковременность процесса (см. фиг.8) снижения концентрации воды в картерных газах после остановки двигателя делает оправданным, то, что выше мы приняли для данного частного случая объемную скорость самотяги  $q$  постоянной.

540

Циркуляция картерных газов через Устройство при дальнейшем остывании двигателя будет продолжаться, но будет бесполезной до того момента, когда внешняя температура не начнет снижаться от уровня в момент остановки двигателя, вследствие суточных изменений или изменения метеоусловий. Поскольку холодильник-ловушка практически не обладает тепловой инерционностью из-за малой массы и приобретает температуру окружающего воздуха практически мгновенно по сравнению с массивным

двигателем, при понижении внешней температуры он будет оставаться холоднее двигателя, и циркуляция картерных газов будет происходить, обеспечивая соответствие (равенство) текущей температуры точки росы картерных газов внешней температуре 550  $Tdp=Tar$ , что сделает невозможным конденсацию паров в картере при изменении температуры воздуха, что также соответствует заявляемому техническому результату.

**Пример 1а.** Двигатель, оборудованный Устройством с холодильником-ловушкой 7, размещенным в подкапотном пространстве, остановлен при температуре 555 окружающего воздуха  $Tar = -20^{\circ}\text{C}$ .

Выше рассмотрен частный случай, когда температура холодильника ловушки  $Tx$  достаточно быстро по сравнению с температурой картерных газов  $Tkg$  принимает температуру окружающего воздуха  $Tar$ , например, если холодильник ловушка 560 расположен на некотором удалении от нагревенного двигателя, например, снаружи капота рядом с водяным или масляным радиатором. В реальности холодильник-ловушка 7 может находиться и в подкапотном пространстве, температура которого будет снижаться не так быстро из-за потока тепла от охлаждаемого массивного двигателя.

На фиг.4 кривая  $Tx19$  – график изменения температуры холодильника-ловушки 7 (и 565 соответственно  $KGD$  после него) размещенного в подкапотном пространстве вблизи блока цилиндров. Здесь холодильник-ловушка 7 находится в тепловом поле охлаждаемого двигателя и его температура снижается значительно медленнее, чем, если бы он был снаружи. Графики охлаждения картера 1 – кривая  $Tkg19$  и холодильника-ловушки кривая  $Tx19$  на фиг.4 показаны по экспериментальным точкам.

На фиг.9 представлены соответствующие этим температурам графики изменения 570 концентрации воды в картерных газах  $KG$ : кривая  $Ctr19$  – текущее значение концентрации воды в картерных газах  $KG$  Двигателя без Устройства, охлаждаемого по кривой  $Tkg19$  на фиг.4, а кривая  $Cx19$  текущее значение концентрации воды в картерных газах  $KGD$ , прошедших через холодильник-ловушку 7, охлаждаемый по 575 кривой  $Tx19$  (фиг.4). Кривые  $Ctr19$  и  $Cx19$  построены по зависимости температуры точки росы  $Tdp$  от концентрации воды в газах  $Cdp$  (фиг.7) для значений текущей температуры картера  $Tkg19$  и холодильника-ловушки 7  $Tx19$  на фиг.4.

580 Картерные газы, прошедшие через холодильник-ловушку и потерявшие в нем воду  $KGD$ , поступая в картер, разбавляют находящиеся в нем газы  $KG$ , снижая их температуру точки росы и тем, уменьшая конденсацию паров в картере. Поступление осущеных газов  $KGD$  в картер обеспечивается самотягой газов через Устройство. Объемная скорость Самотяги, рассчитанная по формуле (3а) при тех же параметрах, что 585 и ранее и при  $Tkg=Tkg19$  (температура картера) и  $Tar=Tx19$  (наружная, в этом случае подкапотная температура) из фиг.4, представлена на фиг.6 кривой  $q1$ .

Подставляя в формулу (2а) для момента остановки двигателя  
 $Cx=17.3 \text{ г}/\text{м}^3$  - концентрацию воды (соответствующую температуре подкапотного 590 пространства) в картерных газах после прохождения холодильника-ловушки 7 из кривой  $Cx19$  на фиг.9;  
 $Co=Ckg=65 \text{ г}/\text{м}^3$  концентрацию воды в картерных газах при прогретом двигателе (сразу после остановки) из кривой  $Ctr19$  на фиг.9;  
 $q=0.0018 \text{ м}^3/\text{с}$  объемную скорость самотяги после остановки двигателя из кривой  $q1$  на 595 фиг.6,  
получаем уравнение

$$C = 17.3 + (65 - 17.3) \cdot e^{-\frac{0.0018 \cdot t}{0.070}}$$

изменения концентрации воды в картерных газах  $KG$  после остановки двигателя, представленное кривой  $Ccst1$  на фиг.8. Из кривой видно, что в первые примерно 3 600 минут благодаря Устройству концентрация воды в картерных газах  $KG$  падает с  $65 \text{ г}/\text{м}^3$  до  $20 \text{ г}/\text{м}^3$ , соответствующих температуре точки росы  $+20^\circ\text{C}$  - температуре подкапотного пространства. Это происходит практически мгновенно (поэтому это падение не показано на фиг.9) по сравнению со временем остывания двигателя (см. кривая  $Tkg19$  на фиг.4). Далее температура точки росы (равная температуре холодильника-ловушки  $Tx19$ ) в 605 картерных газах изменяется медленно по графику остывания  $Tx19$  холодильника-ловушки 7 на фиг.4.

Как уже упоминалось выше, кривая  $Tkg19$  остывания картера двигателя на фиг.4 после достижения точки росы прорывных ( $KGB$ )картерных газов  $dp$  ( $Tdp=+45^\circ\text{C}$ ,  $Cdp=65 \text{ г}/\text{м}^3$ ) отражает изменение температуры точки росы картерных газов  $KG$  при 610 остывании Двигателя без Устройства. Этой температурной кривой соответствует концентрационная кривая  $Ctr19$  на фиг.9. При остывании же Двигателя с Устройством, расположенным в подкапотном пространстве, температура точки росы картерных газов

описывается кривой *Tx19* на фиг.4, а соответствующие концентрации воды в картерных газах кривой *Cx19* на фиг.9.

615 Благодаря действию Устройства температуры точки росы картерных газов *KG* ниже температуры картера двигателя (фиг.4), поэтому конденсация паров в картере не происходит, что соответствует заявляемому техническому результату. Однако, такое состояние возможно в том случае, если самотяга обеспечивает достаточно быстрый обмен картерных газов между газовым пространством картера и холодильником-ловушкой 7 на протяжении процесса остывания Двигателя. Поэтому, рассмотрим соблюдение этого условия достижения технического результата.

620 Концентрация воды *C* в картерных газах *KG* описывается уравнением (2а). Выше для момента остановки двигателя мы полагали концентрацию воды после холодильника-ловушки *C<sub>x</sub>* и объемную скорость самотяги *q* постоянными ввиду краткости процессов установления концентрации *C* (см. кривую *Ccst1* на фиг.8). Для рассмотрения длительного процесса остывания, очевидно, что и *C*, и *C<sub>x</sub>*, и *q* в уравнении (2а) следует рассматривать как функции времени *t*:

$$C(t) = C_x(t) + (C_0 - C_x(t)) \cdot e^{\frac{-q(t) \cdot t}{V_o}} \quad (26)$$

630 Признаком достаточности для достижения технического результата объемной скорости самотяги является условие

$$C(t) = C_x(t), \text{ принятное нами выше,}$$

которое выполняется при малости экспоненциального члена в уравнении (26)

$$635 (C_0 - C_x(t)) \cdot e^{\frac{-q(t) \cdot t}{V_o}} = 0. \quad (2b)$$

Для рассмотрения этого условия конкретные для рассматриваемого примера значения *Cx(t)* и *q(t)*, представленные кривыми *Cx19* на фиг.9 и *q1* на фиг.6 соответственно, следует представить в аналитическом виде как функции времени остывания *t*. Это делают путем аппроксимирования указанных экспериментальных зависимостей известными способами.

Для конкретной для данного примера зависимости текущей концентрации воды в картерных газах *KGD* после холодильника-ловушки 7 от времени остывания *t19(час)*

$$Cx19(t19) = -2.4 \cdot \ln(t19) + 6.8,$$

645 где  $t19 > 0$ ,

получена (штрихпунктирная кривая) по значениям (прямые кресты) кривой  $Cx19$  на фиг.9 при помощи функции  $\lnfit(t19, Cx19)$  известной программы *MathCad 13*.

Выражение для текущего значения самотяги

$$q1(t19) = 6.381 - 0.38 \cdot t19 \text{ (м}^3/\text{час)}$$

650 получено по значениям кривой  $q1$ (переведенным в  $\text{м}^3/\text{час}$ ) на фиг.6 при помощи функции  $line(t19, q)$  той же программы.

После подстановки значений  $Cx(t) = Cx19(t19)$  и  $q(t) = q1(t19)$  в выражение (2в) последнее приобретает вид:

$$655 (17.3 + 2.4 \cdot \ln(t19) - 6.8) \cdot e^{\frac{6.381 - 0.38 \cdot t19}{V_o} \cdot t19}.$$

Подстановка значений  $t19$  от 0.01 до 24 часов приводит к бесконечно малым значениям этого выражения. Следовательно, самотяга газов через Устройство обеспечивает выполнение условия

$$C(t) = C_x(t)$$

660 на протяжении остывания двигателя, т.е. концентрация воды в картерных газах  $KG$  Двигателя, снабженного Устройством, никогда не превышает концентрацию воды в картерных газах  $KGD$  после холодильника-ловушки 7 и, поэтому, конденсации паров воды в картере не происходит, что соответствует заявляемому техническому результату. Иными словами: температура точки росы картерных газов  $KG\ Tdp$  поддерживается Устройством при неработающем двигателе всегда ниже температуры картерных газов  $Tkg$ , что предотвращает выпадение в картере конденсата, что соответствует максимальному заявляемому техническому результату в частном случае остывания Двигателя с холодильником-ловушкой 7, размещенным в подкапотном пространстве.

## 670 Пример 2

Двигатель, снабженный Устройством по схеме на фиг.2,3, дополнительно включающим канальный вентилятор 17, запущен при температуре окружающего воздуха  $Tar = -25^\circ\text{C}$ . Схема потоков картерных газов при прогреве двигателя представлена на фиг.10. Как на фиг.1-3, здесь 1- газовое пространство картера, 8 - канал для подачи нагретых картерных

675 газов  $KG$  в холодильник-ловушку 7, 9 – канал для подачи осущеных картерных газов  $KGD$  обратно в картер 1. Рассмотрим работу Устройства в отношении паров воды.

$C, \text{ г}/\text{м}^3$  – текущая виртуальная концентрация воды в картерных газах  $KG$ , которая была бы при воображаемом или реальном условии (температура картерных газов выше температуры их точки росы), что конденсации паров в картере не происходит. Это искусственный прием, как будет видно ниже, для упрощения математического решения задачи.

685  $Co$  – реальная концентрация паров воды в картерных газах в момент запуска двигателя, находится по известной зависимости, показанной на графике фиг.7; в данном примере для температуры  $-25^\circ\text{C}$   $- Co=0.6 \text{ г}/\text{м}^3$ .

690  $C_I=65 \text{ г}/\text{м}^3$  – реальная концентрация воды в прорывающихся из цилиндров в картер газов  $KGB$ , равная также реальной концентрации паров в картерных газах  $KG$  при их температуре выше температуры точки росы  $(+45^\circ\text{C})$ , принимаем за постоянную по таб.1.

695  $Cx, \text{ г}/\text{м}^3$  – реальная концентрация воды в картерных газах  $KGD$  на выходе из холодильника-ловушки 7 в картер 1; в данном примере для упрощения задачи принимаем  $Cx=C_0$ , полагая, что картерные газы остывают в холодильнике-ловушке до температуры окружающего воздуха  $Tar=-25^\circ\text{C}$ .

700  $V, \text{ м}^3$  - объем картерных газов  $KGB$ , прорвавшийся в картер 1 и прошедший через него во впускной трубопровод 3 с момента запуска двигателя до текущего момента за время  $t(\text{мин})$ .

$V_0=0.070 \text{ м}^3$  – объем газа в картерном пространстве, из таб.1.

.  $Xx, \text{ м}^3$  - объем картерных газов, прошедший через Устройство с момента запуска двигателя до текущего момента за время  $t(\text{мин})$ .

705  $n$ -кратность циркуляции картерных газов через Устройство (далее - кратность циркуляции), нормирующий множитель, равный отношению объема газов, прошедшего к текущему моменту через Устройство к объему газов, прорвавшемуся из цилиндров в картер

( $\frac{Vx}{V} = n$ ); вводится для сокращения числа переменных, путем выражения первого объема через второй.

Дифференциальное уравнение материального баланса по воде для этих условий (в том числе для воображаемого условия, что конденсация паров в картере не происходит):

$$715 \quad V_o \cdot dC = dV \cdot C_1 - dV \cdot C - n \cdot dV \cdot C + n \cdot dV \cdot Cx \quad (4).$$

Решение уравнения (4):

$$C = \frac{C_1 + n \cdot Cx}{n+1} - \frac{C_1 - Co}{n+1} \cdot e^{-\nu/V_o} \quad (5).$$

720 Принимая в первом приближении, что картерные газы остывают в холодильнике-ловушке до наружной температуры и, поэтому,  $Cx=Co$ :

$$C = \frac{C_1 + n \cdot Co}{n+1} - \frac{C_1 - Co}{n+1} \cdot e^{-\nu/V_o} \quad (5a),$$

где

725  $V = \nu \cdot t$ , где

$\nu=0.070 \text{ м}^3/\text{мин}$  (из табл.1) - расход картерных газов;

$t$  - время с момента запуска двигателя, мин.

На фиг.11 график изменения температуры картерных газов  $KG$  при прогреве двигателя от  $-25^\circ\text{C}$  представлен кривой  $Tkg25$  (ось ординат справа). По значениям температур на этой кривой из зависимости температуры точки росы  $Tdp$  от концентрации воды в газах  $Cdp$  на графике фиг.7 построена кривая  $Ctr$  – концентрация насыщенных паров воды при температурах картерных газов  $KG$  по кривой  $Tkg25$ , т.е. график изменения реальной концентрации паров воды в картерных газах  $KG$  по мере прогрева двигателя без Устройства до точки росы прорывных картерных газов  $KGB$  ( $+45^\circ\text{C}, 65 \text{ г}/\text{м}^3$ ).

735 Подставляя в уравнение (5a) значения

$C_1=65 \text{ г}/\text{м}^3$  из табл.1,

$Co=0.6 \text{ г}/\text{м}^3$  из фиг.7 для температуры  $-25^\circ\text{C}$

и

$$V_0 = 0.070 \text{ м}^3 \text{ из табл.1,}$$

740 получаем численные решения этого уравнения относительно виртуальной концентрации паров воды для разных значений кратности циркуляции картерных газов *n* через Устройство:

$$C = \frac{65 + n \cdot 0.6}{n + 1} - \frac{65 - 0.6}{n + 1} \cdot e^{-0.070 \cdot t / 0.070},$$

745 представленные на фиг.11 кривыми

*C*0 - для *n*=0 (без Устройства),

*C*1 - для *n*=1;

*C*2- для *n*=2;

*C*4- для *n*=4;

750 *C*8- для *n*=8;

*C*16- для *n*=16;

*C*32- для *n*=32.

Как видно из фиг.11 экспоненциальный член уравнения (5а) очень быстро, быстрее, чем за 5 минут, обращается в 0, поэтому, начальный участок этих кривых на графике фиг.11 аппроксимируется наклонной прямой.

Кривая *C*0 представляет собой решение виртуального уравнения материального баланса по воде (5а): так должна была бы изменяться концентрация воды в картерных газах без Устройства и при условии отсутствия её конденсации в картере 1. Кривая *Ctr* представляет изменение реальной концентрации паров воды в картерных газах *KG* в

760 картере в процессе повышения температуры в картере вплоть до достижения точки росы картерных газов (+45°C и 65г/м³), тоже без Устройства. В реальности концентрация воды в картерных газах не может быть больше, чем на кривой *Ctr*, поскольку это кривая концентрации воды при точках росы, очевидно, что разница концентраций *C*0 и *Ctr* этих кривых должна на самом деле выпадать в картере 1 в виде конденсата, количество 765 которого пропорционально разности площадей графика, лежащих под кривыми *C*0 и *Ctr*. Эти кривые пересекаются в точке росы картерных газов *KGB*, обозначенной на графике как *Tdpθ* и сливаются в одну прямую, продолжающую кривую *C*0, уравнение (5а) после точки пересечения *Tdpθ* становится реальным, отражает реальную концентрацию воды в картерных газах *KG* после прогрева двигателя до температуры выше температуры точки 770 росы.

Кривая ***C1*** представляет виртуальные значения концентрации воды в картерных газах ***KG*** при кратности их циркуляции через Устройство ***n=1***. Она лежит ниже кривой ***C0*** за счет того, что часть воды изымается из картерных газов за счет конденсации в холодильнике-ловушке 7. По мере повышения температуры картерных газов ***Tkg25*** 775 кривая виртуальной концентрации ***C1*** пересекается с кривой реальной концентрации (кривой точек росы картерных газов) ***Ctr*** в точке ***r1***. Это происходит когда реальная концентрация воды в точках росы , отражаемая кривой ***Ctr*** , сравнивается с виртуальной концентрацией в газах, отражаемой кривой ***C1***, т.е. при дальнейшем повышении температуры конденсация паров невозможна, виртуальная кривая ***C1*** превращается в реальную и отражает реальную концентрацию паров воды в картерных газах, ход кривой ***Ctr*** прерывается и фактическая концентрация воды в картерных газах следует кривой ***C1*** 780 после точки пересечения (назовем её точкой реализации виртуальной концентрации) ***r1***. Ход реальной концентрации паров воды в картерных газах ***KG*** при прогреве двигателя в рассматриваемых условиях (***n=1***) показан на фиг.11 стрелками на кривых ***Ctr*** и ***C1***: 785 сначала концентрация паров воды следует кривой ***Ctr*** до её пересечения с кривой виртуальной концентрации ***C1*** в точке реализации ***r1***, она соответствует концентрациям точек росы картерных газов ***KG*** при повышении температуры картерных газов по кривой ***Tkg25***. После точки реализации ***r1*** реальная концентрация следует кривой ***C1***, т.е. остается постоянной, а конденсация паров в картере становится невозможной, поскольку 790 температура картера уходит вверх от температуры точки росы картерных газов ***KG*** (при ***n=1***) ***Tdp1***, значение которой можно найти на температурной кривой ***Tkg25*** прогрева двигателя, как показано на фиг.11, проведя (точечные линии) от точки ***r1*** вертикальную линию до пересечения с линией температуры картерных газов ***Tkg25*** .

795 . Аналогично по точкам пересечения (реализации) (***r2-r32***) кривых ***C2,C4,C8, C16, C32*** с кривой ***Ctr*** можно найти температуры точки росы (***Tdp2-Tdp32***) картерных газов при соответствующих кратностях циркуляции ***n*** через Устройство. Точки реализации ***r0*** и ***r32*** на фиг.11 не показаны из-за недостатка места на графике. Определенные таким образом температуры точек росы картерных газов (***Tdp0-Tdp32***) в зависимости от кратности 800 циркуляции ***n*** в период прогрева двигателя от -25°C представлены кривой ***Tdp(n)*** на фиг.12 , из которой видно, что действие Устройства приводит к снижению температуры точки росы картерных газов ***KG*** в зависимости от кратности их циркуляции через Устройство.

805        Как видно из фиг.11, в конкретных условиях запуска двигателя, снабженного Устройством, при  $-25^{\circ}\text{C}$  и кратности циркуляции через последнее  $n=32$  конденсации воды в картере 1 в течение всего времени прогрева не происходит, т.к. благодаря отбору (конденсации) воды от картерных газов  $KG$  в холодильнике – ловушке 7, концентрация паров воды в картерных газах  $KG$  поддерживается ниже концентрации точки росы при 810 температурах картера (кривая  $Ctr$ ), следовательно, кривая C32 на всем своем протяжении представляет реальную концентрацию.

815        Для определения количества воды, конденсирующейся в картере 1 в период прогрева двигателя до температуры точки росы картерных газов при разных кратностях циркуляции  $n$ , следует переформатировать график на фиг.11, умножив время  $t$  на расход картерных газов  $v$ , тем самым, переведя зависимости графика фиг.11 от времени прогрева двигателя  $t$  в соответствующие зависимости от объема картерных газов  $KGB$ , поступивших в картерное пространство

$$V = v \cdot t.$$

820        Эти зависимости показаны на фиг.13. Тогда количества конденсата, выпадающие в картере 1 за время прогрева двигателя до температур точек росы картерных газов  $KG$   $Tdp0-Tdp32$  (на фиг.13 им соответствуют точки  $r0-r32$ ) при разных кратностях циркуляции картерных газов через Устройство, будут равны площадям графика, заключенным между кривыми виртуальной концентрации паров воды в картерных газах  $KG$  C0, C1, C2, C4, C8, C16, C32 и кривой реальной концентрации воды в картерных газах  $KG$  –  $Ctr$  от начала координат до точек пересечения этих кривых  $r0, r1, r2, r4, r8, r16, r32$  (последние две точки не обозначены на графике из-за недостатка места). Эти площади определяют одним из известных графических способов, например, или "по клеточкам", или "весовым", или на компьютере в каком-нибудь графическом редакторе, например, как в приведенном примере, *AutoCad13* при помощи функции  $"area"$ . Например, на фиг.13 площадь, ограниченная кривыми  $Ctr$  и C0 (заштрихованная в одну и две линейки) равна количеству конденсата 77.07 г, выпавшему в картере за время прогрева двигателя от  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+45^{\circ}\text{C}$  без Устройства ( $n=0$ ). Площадь, заключенная между кривыми  $Ctr$  и C1(заштрихованная в две линейки) равна количеству конденсата 21.83 г, выпавшему в картере за время прогрева двигателя до температуры точки росы ( $Tdp1=33^{\circ}\text{C}$ ) картерных газов при кратности циркуляции картерных газов через Устройство  $n=1$ . Очевидно, что при циркуляции картерных газов через Устройство в холодильнике-ловушке выпала разница в количествах  $77.07-21.83=55.24\text{г}$ .

830        Аналогичным образом полученные для рассматриваемых значений кратности

циркуляции картерных газов  $n$  значения  $gg$  количества конденсата, выпавшего за время 840 прогрева двигателя до температур точки росы в картере 1, и количества конденсата  $gc$ , выпавшего в холодильнике ловушке 7, приведены на фиг. 14. Из фиг.14 видно, что с увеличением кратности циркуляции  $n$  картерных газов  $KG$  через Устройство, количество конденсата  $gg$ , выпавшего в картере двигателя 1 резко уменьшается, что соответствует заявляемому техническому результату. Количество же конденсата  $gc$ , выпавшего в 845 холодильнике ловушке 7, соответственно увеличивается. Таким образом, благодаря Устройству конденсация паров воды происходит не в картере 1, а в холодильнике-ловушке 7, и конденсат не попадает в масло. Общее количество конденсата, выпадающего в картере и холодильнике ловушке, равно 77.07 г. В то время как количество воды, поданной в картер за время прогрева, равно площади между кривой СО 850 и осьми координат и составляет 130.5 г. Очевидно, что разница 130.5-77.07=53.43 удаляется в паровой фазе во время прогрева Двигателя с картерными газами  $KG$  через канал 4 во впускной коллектор 3. Приведенные сведения полезны также для оценки объемов, необходимых для вмещения конденсата 13 или в холодильнике-ловушке 7, или в испарителе конденсата 17 (см. фиг.2), или в накопителе конденсата 21 (фиг.3).

855

### Пример 3

Двигатель, снабженный Устройством по схеме или на фиг.2, или на фиг.3, включающим дополнительно канальный вентилятор 17, запущен при окружающей температуре  $0^{\circ}\text{C}$ .

График прогрева картера 1, представлен кривой  $Tkg\theta$  на фиг.15, концентрация воды при 860 соответствующих этой кривой температурах точек росы представлена кривой  $Ctr\theta$ , построенной по зависимости температуры точки росы от концентрации воды, представленной на фиг.7.

Подставляя в уравнение (5а)

$Cx=C_0=4.8 \text{ г}/\text{м}^3$  – концентрация воды в картерных газах перед запуском двигателя и на 865 выходе из холодильника-ловушки 7 в картер 1 (найденная по графику на фиг.7 для температуры  $0^{\circ}\text{C}$ );

$C_l=65 \text{ г}/\text{м}^3$  (таб.1) концентрация воды в прорывающихся картерных газах  $KGB$ ;

$V_o=0.070 \text{ м}^3$  – объем газа в картерном пространстве,  $\text{м}^3$  (таб.1);

$v=0.070 \text{ м}^3/\text{мин}$  (из таб.1) – расход картерных газов;

870

получаем выражение для виртуальной текущей концентрации воды в картерных газах  $KG$  при указанных выше условиях:

$$C = \frac{65 + n \cdot 4.8}{n + 1} - \frac{65 - 4.8}{n + 1} \cdot e^{-0.070 \cdot t / 0.070}.$$

875

Его численные решения

C00 при n=0;

C10 при n=1;

C20 при n=2;

880 C30 при n=3

представлены на фиг.15, аналогичной фиг.11 и их можно проанализировать аналогично примеру 2. При сравнении этих фигур видно, что конденсация и количество конденсата при запуске Двигателя при температуре окружающего воздуха  $0^{\circ}\text{C}$  значительно меньше, чем при  $-25^{\circ}\text{C}$ . Так точка росы при прогреве Двигателя без Устройства достигается уже примерно через 13 минут, а для полного предотвращения конденсации в картере двигателя при прогреве достаточно кратности циркуляции картерных газов  $KG$  через Устройство уже не 32, а всего  $n = 3$ .

#### Пример 4.

890 Двигатель, снабженный Устройством по схеме или на фиг.2, или на фиг.3, дополнительно включающим канальный вентилятор 16, запустили при температуре окружающего воздуха  $+20^{\circ}\text{C}$ .

График прогрева двигателя представлен на фиг.16 кривой  $Tkg20$  (ось ординат справа).

895 Зависимость концентрации воды в картерных газах  $KG$  в точках росы, соответствующих текущей температуре картера 1 на кривой  $Tkg20$  и определяемая по графику на фиг.7 представлена на фиг.16 кривой  $Ctr20$ .

Подставляя в уравнение (5а)

900  $Cx = Co = 17.3 \text{ г}/\text{м}^3$  – концентрация воды в картерных газах перед запуском двигателя и на выходе из холодильника-ловушки 7 в картер 1, определяемая по графику на фиг.7 для температуры  $+20^{\circ}\text{C}$ ;

$C_l = 65 \text{ г}/\text{м}^3$  (таб.1) концентрация воды в прорывающихся картерных газах  $KGB$ ;

$V_o = 0.070 \text{ м}^3$  – объем газа в картерном пространстве,  $\text{м}^3$  (таб.1);

$v = 0.070 \text{ м}^3/\text{мин}$  (из таб.1) – расход картерных газов,

получаем выражение для виртуальной текущей концентрации воды в картерных газах

905  $KG$  при указанных выше условиях:

$$C = \frac{65 + n \cdot 17.3}{n + 1} - \frac{65 - 17.3}{n + 1} \cdot e^{-0.070 \cdot t / 0.070}.$$

Его численные решения

910 C020 при n=0;

C120 при n=1;

C220 при n=2;

представлены на фиг.16, аналогичной фиг.11 и фиг.15 и их можно проанализировать аналогично примерам 2 и 3. Из фиг. 16 видно, что при запуске двигателя при +20°C

915 точка росы в картере без Устройства достигается уже примерно через 6 минут, а для полного исключения конденсации воды в картере 1 достаточно кратности циркуляции картерных газов через Устройство всего  $n=1$ . Таким образом, чем выше окружающая температура, тем меньшая кратность циркуляции требуется для достижения максимального технического результата. По приведенным в примерах 2-4 данным можно оценить и эффективность известной приточно-вытяжной вентиляции картера наружным 920 воздухом. Как указывалось ранее (строка 115-119), принятая кратность подачи воздуха (отношение объема подачи воздуха к объему подачи картерных газов) в картер около 1, это приблизительно соответствует кратности циркуляции картерных газов через Устройство  $n=1$ . По фиг. 11,15, 16 можно судить об эффективности известной приточно- 925 вытяжной вентиляции картера при разных температурах наружного воздуха. Из фиг. 16 (кривая C120) видно, что при температуре окружающего воздуха +20 °C известная приточно-вытяжная вентиляция картера обеспечивает максимальный технический результат. При 0 °C конденсация паров воды в картере прекращается уже через примерно 7-8 минут прогрева (фиг.15, кривая C10). А вот при -25 °C конденсация в 930 картере прекращается через 19-20 минут прогрева (фиг. 11, кривая C1). Отсюда видно, что предлагаемое Устройство имеет преимущество перед известной приточно-вытяжной вентиляцией картера воздухом только в условиях пониженных окружающих температур, примерно ниже 10 °C, особенно при отрицательных температурах.

Также видно из приведенных примеров 2-4, что увеличение кратности циркуляции более 935 32 не эффективно в силу свойства (экспоненциальности) процесса разбавления (картерных газов KG картерными газами KGD, прошедшими через Устройство) в проточном объеме, которым является картер.

940 Пример 5. Оценка применимости Устройства с обогреваемым каналом 8 для  
 обеспечения циркуляции (вместо канального вентилятора 16) за счет самотяги в  
 Устройстве для подачи картерных газов KG в холодильник-ловушку 7 при запуске  
 Двигателя при температуре окружающего воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$ .

945 Как видно из примеров 2,3,4, чем ниже температура окружающего воздуха при запуске  
 двигателя, тем требуется большая кратность циркуляции картерных газов через  
 Устройство для достижения максимального технического результата – предотвращения  
 конденсации воды в картере двигателя. Поэтому, оценим возможность обеспечения  
 циркуляции картерных газов через Устройство за счет создания тяги путем нагревания  
 канала 8. Канал 8 можно нагреть, например, до  $200^{\circ}\text{C}$ , тогда объемная скорость самотяги  
 950 при разной температуре окружающего воздуха по формуле (3а) и при ранее принятых  
 значениях

$$k=0.65,$$

$$a=0.002 \text{ м}^2 \text{ (диаметры канала 8, холодильника-ловушки 7 и канала 9 принимаем за 5 см)}, \\ h_c=1\text{м}$$

955 показана на фиг.17 (кривая  $q200$ ), откуда видно, что в диапазоне внешней температуры  
 воздуха от  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $25^{\circ}\text{C}$  величина объемной скорости самотяги составляет 0.168-0.150  
 $\text{м}^3/\text{мин}$  (пересчитана с секунд на минуты для сопоставления с расходом картерных газов  
 $v$ ), что равняется кратности циркуляции картерных газов  $n=2.1\div2.4$ . Из примеров 2,3,4 и  
 фиг.15 видно, что такая схема выполнения Устройства с подогревом канала 8 может  
 960 эффективно снижать конденсацию воды в картере при запуске Двигателя лишь при  
 положительных температурах окружающего воздуха.

965 Пример 6. Уменьшение при помощи Устройства конденсации в картере паров  
 виртуального вещества в процессе прогрева Двигателя (см. таб.1) при температуре  
 окружающего воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Кроме конденсации воды в картере двигателя внутреннего сгорания нежелательна  
 конденсация паров несгоревшего топлива. Привести примеры поведения паров топлива,  
 аналогичные приведенным примерам поведения паров воды в Устройстве не  
 представляется возможным из-за отсутствия необходимых аналогичных данных.

970 Топливо является многокомпонентной смесью с широким диапазоном температур  
 кипения, усугубляемым ещё тем обстоятельством, что разные фракции разных топлив  
 выгорают по-разному и состав несгоревшего топлива может быть предметом серьёзного

исследования, которое, кстати, можно провести с применением Устройства, как будет показано ниже (см. строки 1310- 1314). Покажем, что к счастью это исследование не  
 975 нужно для демонстрации работоспособности Устройства в отношении не только топлива, но и любого вещества, находящегося в возможном диапазоне температур картера в двухфазном состоянии, другими словами, имеющего точку росы в этом диапазоне. Для этого нарисуем произвольную зависимость концентрации виртуального вещества в паровой фазе при температурах точек росы, аналогичную зависимости на  
 980 фиг. 7 для воды. Такая зависимость представлена на фиг.18, где  $C_{dpvir}$  концентрация виртуального вещества в газе при температуре точки росы  $T_{dpvir}$ . Рассмотрим работу Устройства относительно этого абстрактного вещества, аналогично воды в примере 2 (прогрев Двигателя от  $-25^{\circ}\text{C}$ ).

985 На фиг.19 кривая  $Tkg25$  (ось ординат справа) – график прогрева двигателя от  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Пусть температура точки росы прорывных картерных газов  $KGB$  по виртуальному веществу будет  $+40^{\circ}\text{C}$ , тогда по графику на фиг.18 концентрация вещества в прорывных картерных газах  $KGB$

$$990 \quad C_1 = 50\text{g/m}^3,$$

а в картерных газах  $KGD$  после холодильника-ловушки 7 ( $T_x = -25^{\circ}\text{C}$ )

$$Cx = C_0 = 3\text{g/m}^3.$$

Кривая  $Ctrv$  – концентрация вещества в картерных газах в разное время после начала прогрева двигателя, не снабженного Устройством, построена по зависимости на фиг.18  
 995 для температур по кривой  $Tkg25$  на фиг.19 .

Тогда уравнение для текущего виртуального значения концентрации вещества в картерных газах  $KG$  по уравнению (5а) примет вид

$$C = \frac{50 + n \cdot 3}{n + 1} - \frac{50 - 3}{n + 1} \cdot e^{-0.070 \cdot \frac{t}{0.070}}.$$

1000 Его численные решения:

$$\text{Cv0} \quad \text{для} \quad n=0;$$

$$\text{Cv1} \quad \text{для} \quad n=1;$$

$$\text{Cv2} \quad \text{для} \quad n=2;$$

$$\text{Cv4} \quad \text{для} \quad n=4;$$

$$1005 \quad \text{Cv8} \quad \text{для} \quad n=8;$$

Cv16 для n=16;

Cv32 для n=32;

представлены на фиг.19, аналогичной фиг.11 (относительно воды), и могут быть проанализированы аналогично примеру 2. Таким образом, с помощью Устройства

1010 можно достичь заявляемого технического результата в отношении паров любого произвольного вещества, имеющего точку росы в рассматриваемом диапазоне температур картера.

**Пример 7.** Тепловой расчет параметров холодильника-ловушки 7, необходимых для 1015 достижения максимального технического результата в условиях примера 2 .

В приведенных примерах мы рассмотрели требования по изменению концентраций паров при помощи Устройства для достижения технического результата. Описанные процессы конденсации паров в холодильнике-ловушке 7 должны обеспечиваться соответствующим тепловым режимом Устройства, функция которого сводится к 1020 охлаждению картерных газов KG в холодильнике ловушке 7, что приводит к выпадению конденсата в нем и за счет этого снижению температуры точки росы картерных газов KGD, которые, возвращаясь в картер, разбавляют картерные газы KG, снижая их температуру точки росы.

Сначала для ориентировки рассмотрим приблизительный тепловой баланс картера

1025 Двигателя в период прогрева. При работе двигателя в картере происходит интенсивное перемешивание коленчатым валом масла и картерных газов, поэтому, примем, что температура масла и картерных газов одинакова.

$Tkgb=200^{\circ}\text{C}$  – температура прорывающихся в картер газов;

$Tkg$  – текущее значение температуры картера (картерных газов KG и масла);

1030  $Hkg = 1.02 \frac{\kappa\Delta\text{ж}}{\text{кг} \cdot {}^{\circ}\text{C}}$  удельная теплоемкость картерных газов (практически совпадает на кг и на  $\text{м}^3$ );

$Hol = 1.67 \frac{\kappa\Delta\text{ж}}{\text{кг} \cdot {}^{\circ}\text{C}}$  удельная теплоемкость масла;

$G=0.07\text{кг/мин}$  – расход картерных газов;

$Gm\sim30\text{кг}$  – масса масла.

1035 Оценим потоки тепла в картере Двигателя во время его прогрева, например, на участке от 5 минут до 15 минут кривой прогрева  $Tkg25$  при температуре окружающего воздуха

$-25^{\circ}\text{C}$ , приведенной на графике фиг.11. Средняя температура картера за этот (участок кривой  $Tkg25$  принимаем за прямолинейный) период времени (10 мин)

$$Tkm = \frac{T_{\kappa 5} + T_{\kappa 15}}{2} = \frac{-3 + 24}{2} = 10.5^{\circ}\text{C}, \text{ где}$$

1040  $T_{\kappa 5}, T_{\kappa 15}$  – температура картера через 5 и 15 минут, соответственно, после начала работы двигателя.

Тогда, за рассматриваемый промежуток времени (10 мин) с прорывающимися картерными газами  $KGB$  в картер поступает

$$10 \cdot G \cdot Hkg \cdot Tkgb - 10 \cdot G \cdot Hkg \cdot Tkm = 10 \cdot G \cdot Hkg \cdot (Tkgb - Tkm) = 136 \text{ кДж}$$

1045

В то же время в масле картера оказалось

$$Hol \cdot G_m \cdot (T_{\kappa 15} - T_{\kappa 5}) = 1353 \text{ кДж.}$$

Таким образом, очевидно, что тепло в картер поступает в основном путем контактной передачи маслу от разогретых частей поршней, а не от прорывающихся газов. Если 1050 учесть, что ещё большая, неучтённая здесь часть тепла идет на подогрев металлического массива коленчатого вала и стенок картера, то станет очевидно, что поток тепла с прорывающимися картерными газами  $KGB$  несущественен для теплового режима картера. Это обстоятельство упрощает нам дальнейшее рассмотрение теплообмена Устройства, поскольку очевидно, что охлаждение картерных газов в холодильнике-ловушке 7 практически не скажется на температуре картера 1.

Холодильник-ловушка должен обеспечить достаточно эффективное охлаждение картерных газов  $KG$  для конденсации паров в нем до достаточно низкого значения концентрации  $Cx$  в уравнении (5). Эта концентрация зависит по зависимости на фиг.7 от 1060 значения температуры картерных газов  $KGD Tx$  на выходе из холодильника-ловушки 7. Для нахождения этой температуры рассмотрим тепловой баланс холодильника-ловушки, схема которого показана на фиг. 20. Сверху холодильника-ловушки 7 по каналу 8 входит поток с секундным расходом  $Gs=0.001 \text{ кг/с}$  картерных газов  $KG$ , имеющих температуру  $Tkg$  и удельную теплоемкость

$$1065 \quad Hkg = 1020 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^{\circ}\text{C}}.$$

Снизу холодильника-ловушки 7 выходит поток охлажденных и осущеных картерных газов  $KGD$  с тем же секундным расходом и той же удельной теплоемкостью, но с температурой  $Tx$ .

Холодильник-ловушка передает поток тепла  $Q$  наружному воздуху:

1070 
$$Q = -K \cdot F \cdot \tau, \text{ где}$$

$Q$ - тепловой поток,  $Bm$ ;

$K$ - коэффициент теплопередачи,  $Bm/m^2 \cdot ^\circ C$ ;

$F$ - площадь теплопередачи,  $m^2$ ,

1075  $\tau$ - среднелогарифмическая разность температуры картерных газов при прохождении их через холодильник-ловушку и окружающего воздуха,  $^\circ C$ :

$$\tau = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{\ln \frac{\tau_{\max}}{\tau_{\min}}}, \quad (6) \text{ где}$$

$\tau_{\max}, \tau_{\min}$  - максимальная и минимальная, соответственно, разность температур.

$\tau_{\max} = Tkg - Tar, \text{ где}$

1080  $Tkg$  - текущее значение температуры картерных газов  $KG$ ,  $^\circ C$ ;

$Tar = -25^\circ C$  – температура окружающего воздуха,  $^\circ C$ ;

$\tau_{\min} = Tx - Tar.$

Тепловой поток, принимаемый холодильником-ловушкой от картерных газов  $KG$ :

$$Q = Hkg \cdot n \cdot Gs \cdot (Tkg - Tx), \text{ где}$$

1085  $Hkg$  - теплоемкость картерных газов,  $J\text{ж}/\text{кг} \cdot ^\circ C$ ;

$n$  – кратность циркуляции картерных газов через холодильник-ловушку;

$Gs$  – расход картерных газов,  $\text{кг}/\text{с}$ ;

$Tkg$  – текущее значение температуры картерных газов  $KG$  (на входе в холодильник-ловушку),  $^\circ C$ ;

1090  $Tx$  – текущее значение температуры картерных газов  $KGD$  на выходе из холодильника-ловушки,  $^\circ C$ .

Допустим (полагая процесс теплопередачи стационарным), что принимаемый от картерных газов поток тепла холодильником-ловушкой и отдаваемый им окружающему воздуху равны:

1095  $Hkg \cdot n \cdot Gs \cdot (Tkg - Tx) = K \cdot F \cdot \tau.$

Подставив в это уравнение вышеприведенные выражения для  $\tau$ , решим его относительно  $T_x$ :

$$Tx = Tar + (Tkg - Tar) \cdot e^{\frac{K \cdot F}{Hkg \cdot n \cdot Gs}} \quad (7),$$

и относительно тепловой нагрузки холодильника-ловушки:

1100  $K \cdot F = -\ln \frac{Tx - Tar}{Tkg - Tar} \cdot Hkg \cdot n \cdot Gs \quad (8).$

В примере 2 показано, что максимальный технический результат (предотвращение конденсации паров при прогреве Двигателя от температуры  $-25^0C$ ) возможен при кратности циркуляции картерных газов через Устройство  $n=32$  (кривая C32 на фиг.11).

1105 Определим, какова максимально допустимая температура (назовем её критической) картерных газов  $KGD$  на выходе из холодильника-ловушки в картер  $Txcr$  для достижения максимального технического результата (для условий примера 2 при  $n=32$ ). Для этого сначала определим "критическую" концентрацию паров  $Cxcr$  после холодильника-ловушки (это максимальная концентрация воды в картерных газах  $KGD$  на выходе из холодильника-ловушки в картер, при которой ещё достижен максимальный эффект). Из фиг.11 видно, что кривая  $C32$ , значения которой получены из уравнения (5), должна лежать ниже кривой реальной концентрации паров  $Ctr$ , т.е. значения  $C32 \leq Ctr$ .  
Подставляя в уравнение (5) вместо  $C - Ctr$ , а вместо  $Cx - Cxcr$ , получаем уравнение

1115  $Ctr = \frac{C_1 + n \cdot Cxcr}{n+1} - \frac{C_1 - C_0}{n+1} \cdot e^{\frac{v \cdot t}{V_0}} \quad (9),$

решение которого по  $Cxcr$ :

$$Cxcr = \frac{C_1 - C_0}{n} \cdot e^{\frac{v \cdot t}{V_0}} + Ctr \cdot \frac{n+1}{n} - \frac{C_1}{n} \quad (9a).$$

Подставив сюда числовые значения  $Ctr$  из графика фиг.11 и указанных для 1120 рассматриваемого примера 2 значений  $C_0$  и  $C_1$  для  $n=32$

$$Cxcr = \frac{65 - 0.6}{32} \cdot e^{\frac{0.07 \cdot t}{0.07}} + Ctr \cdot \frac{33}{32} - \frac{65}{32} \quad (9b),$$

получаем текущие значения критических для достижения максимального технического результата значений концентраций воды  $Cxcr$  в картерных газах после холодильника-ловушки  $KGD$ , представленные на фиг.21 вместе с реальными концентрациями воды  $Ctr$  в картерных газах  $KG$ . Как видно из фиг.21 для достижения максимального технического результата необходимо, чтобы текущие значения концентрации воды в газах после холодильника-ловушки была несколько меньше, текущего значения концентрации воды в картерных газах  $Ctr$ . Ввиду близости значений рассматриваемых 1130 текущих значений концентраций они также приведены в более выразительной численной форме в таблице 3.

Таб.3 Критические для достижения максимального технического результата значения концентрации паров воды  $Cxcr$  в картерных газах  $KGD$ , соответствующая им 1135 критическая температура  $Txcr$  картерных газов после холодильника-ловушки, критическая величина тепловой нагрузки  $(KF)_{cr}$  холодильника-ловушки в частном случае прогрева двигателя ЯМЗ-238 при температуре окружающего воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$  и кратности циркуляции  $n=32$ . Остальные обозначения колонок и размерности см. в таб.2.

$t$	$Ctr$	$Cxcr$	$Tkg25$	$Txcr$	$(KF)_{cr}$
0	0.6	0.6	-25	-25	0
5	3.4	1.49	-5	-15.5	24.3
10	11	9.31	12.1	9.7	2.2
15	20	18.60	23.3	20.9	1.7
20	35	34.1	34.5	32.0	1.4
25	49	48.5	40.5	38.5	1.0
30	65	65	45.3	45.0	0.14

1140 Примечание: и кривая  $Tkg25$ , и кривая  $Txcr$  являются линиями фазового перехода, т.е. это температуры точки росы.

По найденным по уравнению (9б) значениям критических концентраций паров воды в картерных газах  $KGD$  после холодильника ловушки 7  $Cxcr$ , 1145 по зависимости температуры точки росы  $Tdp$  от концентрации воды  $Cdp$ , приведенной на фиг.7, находим критические значения (наибольшие возможные самые высокие при

которых ёщё достижим максимальный технический результат) температуры картерных газов  $KGD$  после холодильника-ловушки 7-  $Txcr$  (таб.3).

1150 Подставляя в уравнение (8) найденные значения  $Tx=Txcr$ ,  
 $H_{kg}=1020 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{C}$  – удельную теплоемкость картерных газов и  
 $Gs=0.001 \text{ кг/с} (0.07 \text{ кг/мин})$ - весовой расход картерных газов,  
находим критические значения тепловой нагрузки  $(KF)_{cr}$  для разного времени с  
момента пуска двигателя  $t$  (таб.3). Как видно из таблицы максимальная тепловая  
1155 нагрузка (а значит площадь теплообмена) холодильника-ловушки 7 для достижения  
технического результата требуется в начале прогрева и составляет для конкретных  
условий примера 2 примерно  $25 Bm^{\circ}\text{C}$ . Очевидно, что для достижения максимального  
технического результата (предотвращения конденсации паров) в начале прогрева  
Двигателя необходимо устанавливать холодильник-ловушку с тепловой нагрузкой не  
1160 менее  $25 Bm^{\circ}\text{C}$ . Однако, из таблицы 3 также видно, что уже после 10 минут прогрева  
Двигателя для полного предотвращения конденсации воды в картере достаточно  
холодильника-ловушки с тепловой нагрузкой  $KF$  в 10 раз меньше. Т.е. заявляемый  
технический результат (уменьшение конденсации паров в картере) можно получить и  
при меньшей тепловой нагрузке холодильника-ловушки, например, в 10 раз меньшей  
1165 площади теплопередачи ( $F=0.04 \text{ м}^2$ ) , или меньшего коэффициента теплопередачи  $K=9$   
 $\text{Вт}/\text{м}^2^{\circ}\text{C}$ . При этом, однако, некоторое количество воды сконденсируется в картере в  
начале прогрева. Таким образом, заявляемый технический результат (уменьшение  
конденсации паров) достичим в широком диапазоне параметров холодильника-ловушки.  
Легко определяемым критерием достаточности тепловой нагрузки  $KF$  холодильника-  
1170 ловушки может быть температура картерных газов  $KGD$   $Tx$ (конкретно  $Tx32$ ),  
определенная на выходе из него известным способом: результат достигается, когда  
температура газов на выходе из холодильника-ловушки ( $Tx32$ ) ниже, чем критическая на  
графике фиг.22:  
 $Tx32 < Txcr$ .

1175

Показатель экспоненты в уравнении (7)

$$-\frac{K \cdot F}{H_{kg} \cdot n \cdot Gs} \quad (10)$$

содержит все величины, необходимые для достижения технического результата. Выше мы только что показали, что для достижения максимального технического результата в конкретных условиях примера 2 этот показатель должен быть примерно равен при  $(KF)_{cr}=25$  (см. таб.3)

$$-\frac{25}{1020 \cdot 32 \cdot 0.001} = -0.77.$$

Исходя из этого значения показателя экспоненты  $-0.77$ , обеспечивающего достижение максимального технического результата в конкретном рассмотренном примере 2, можно масштабировать условия достижения технического результата для этих условий запуска ( $-25^{\circ}\text{C}$ ) на другие двигатели. Известно, что теплоемкость картерных газов  $H_{kg}$  изменяется весьма незначительно у разных двигателей, и её можно принять постоянной, как в примере  $-1020 \text{Дж/кг}^{\circ}\text{C}$ , температура картерных газов примерно тоже около  $100^{\circ}\text{C}$ , тогда выражение (10) приобретает вид:

$$-\frac{(K \cdot F)cr}{1020 \cdot 32 \cdot Gs} = -0.77,$$

откуда

$$(K \cdot F)cr = 25 \cdot Gs \quad (11), \quad Bm^{\rho}C$$

Т.е. по уравнению (11) можно ориентировочно определить тепловую нагрузку холодильника-ловушки, необходимую для достижения максимального технического результата при прогреве конкретного двигателя от  $-25^{\circ}\text{C}$ , по известному или легко определяемому (Crankcase Ventilation, Systems Application and Installation Guide, 2009 Caterpillar, <http://blanchardmachinery.com/public/files/docs/PowerAdvisoryLibrary/CatApplInstGuide/Crankcase%20Ventilati on.pdf>) расходу картерных газов  $Gs$ . Выбор же соотношения между величинами  $K$  и  $F$  – вопрос стандартной теплофизической задачи и вопросов компоновки двигателя и Устройства.

**Пример 8.** Выполнение холодильника-ловушки конкретной конструкции для достижения максимального технического результата в условиях примера 2.

Схема конкретной конструкции холодильника-ловушки приведена на фиг.20.

Холодильник-ловушка 7 представляет собой тонкостенный (толщина стенки 0.15-0.20

мм) сильфон, выполненный из сплава меди (томпак или полуторпак), внутренний  
1210 диаметр  $d=0.05$  м, наружный  $D=0.07$  м, угол гофры  $\alpha=60^0$ , высота  $hc=1$  м, площадь  
 теплопередачи  $F=0.38m^2$ , коэффициент теплопередачи  $K=90Bm/m^2\ ^0C$ , тепловая нагрузка  
 $K \cdot F = 34Bm/\ ^0C$ .

Целесообразность выполнения холодильника-ловушки в виде гофротрубы (сильфона)  
 определяется компоновочными соображениями: при заданном пространстве, доступном  
1215 для размещения Устройства, можно достаточно многообразно варьировать его форму и  
 величину площади теплопередачи (например, уложить его змейкой или изменить угол  
 гофры).

Вход картерных газов  $KG$  с текущей температурой  $Tkg$ , с удельной теплоемкостью  
 $Hkg=1020\text{Дж}/\text{кг}\ ^0C$ , в количестве (расход)  $Gs=0.001\text{ кг}/\text{с}$  ( $G=0.07\text{кг}/\text{мин}$ ) сверху. Выход  
1220 осущеных картерных газов  $KGD$ , с текущей температурой  $Tx$ , с той же удельной  
 теплоемкостью и расходом – снизу.

Для условий примера 2 (температура окружающего воздуха  $Tar=-25^0C$ ) по уравнению (7)  
 текущие во время прогрева Двигателя значения температуры осущеных картерных  
 газов  $KGD$

$$1225 T_x = -25 + (Tkg + 25) \cdot e^{\frac{0.3890}{1020 \cdot n \cdot 0.001}}$$

представлены на фиг.22 при разных кратностях циркуляции картерных газов:

Tx1 при  $n=1$ ;  
 Tx2 при  $n=2$ ;  
 Tx4 при  $n=4$ ;  
1230 Tx8 при  $n=8$ ;  
 Tx16 при  $n=16$ ;  
 Tx32 при  $n=32$ .

Как видно из графика фиг.22 при кратностях циркуляции картерных газов вплоть до 8  
 картерные газы успевают остывать в конкретном холодильнике-ловушке почти до  
1235 наружной температуры воздуха  $-25\ ^0C$  на всей продолжительности прогрева Двигателя, и  
 все написанное в примере 2 (там мы принимали температуру газов на выходе из  
 холодильника-ловушки равной температуре наружного воздуха) для этих случаев в  
 уточнении не нуждается.

1240 А вот при кратностях циркуляции больше 8 картерные газы уже не успевают остывать в  
 этом конкретном холодильнике-ловушке до температуры наружного воздуха. Однако,

температура кривая картерных газов после холодильника-ловушки  $7\ Tx32$  ( $n=32$  – условие для достижения максимального технического результата при прогреве Двигателя от  $-25^{\circ}\text{C}$ ) лежит ниже кривой критической (для  $n=32$ ) температуры  $Txcr$ , т.е. 1245 удовлетворяется сформулированное выше (строка 1169-1174) условие достаточности тепловой нагрузки холодильника-ловушки для достижения максимального технического результата. В этом дополнительно можно убедиться, рассмотрев напрямую текущие значения концентрации воды в картерных газах.

1250 Для этого по значениям температур  $Tx32$  фиг.22, определим соответствующие значения концентраций паров воды  $Cx32r$  после холодильника-ловушки по зависимости на графике фиг.7 и, подставив их в уравнение (5) ( $Cx=Cx32r$ ), получим кривую  $C32r=C$  (фиг.23) изменения концентрации воды в картерных газах  $KG$  во время прогрева Двигателя при данных условиях. На фиг.23 представлена кривая концентрации в 1255 картерных газах насыщенных паров  $Ctr$  при прогреве Двигателя без Устройства (см. пример 2) и кривая  $C32r$  концентрации паров воды в картерных газах  $KG$  при прогреве Двигателя, снабженного Устройством с вышеупомянутыми техническими характеристиками (см. фиг.20) с кратностью циркуляции картерных газов  $n=32$ . Из фиг.23 видно, что кривая  $C32r$ , отражающая изменение реальной концентрации паров в 1260 картере при запуске Двигателя, снабженного Устройством, лежит ниже кривой концентрации насыщенных паров  $Ctr$  в картере Двигателя без Устройства, следовательно, конденсации не происходит, т.е. максимальный технический результат в этом конкретном случае выполнения холодильника-ловушки достигается и при температуре картерных газов  $KGD$  после холодильника-ловушки  $Tx32$  выше 1265 температуры окружающего воздуха  $Tar$ .

Ранее показано (пример 2), что кратность циркуляции картерных газов  $n=32$  необходима для достижения максимального технического результата при холодном запуске (от  $-25^{\circ}\text{C}$ ) Двигателя, с другой стороны показано (см. фиг.13,14), что увеличение кратности циркуляции больше 32 неэффективно. Поэтому, целесообразно принять максимальную 1270 кратность циркуляции картерных газов за 32. При этом для рассматриваемого Двигателя объемная скорость картерных газов через Устройство составит  $0.070 \times 32 = 2.2 \text{ м}^3/\text{мин}$  ( $134 \text{ м}^3/\text{час}$ ). Такую производительность может обеспечить аналог одного из известных канальных вентиляторов для дымовых газов, например, канального вентилятора ВК-200 фирмы ВентТехком, производительностью  $200 \text{ м}^3/\text{час}$ , мощностью  $42\text{Вт}$  1275 (<http://www.ventech.ru/info/prod/vk200/>). Максимальная линейная скорость (при  $n=32$ )

потока газов в холодильнике-ловушке (внутренний диаметр 0.05 м) - 18.5 м/с, находится в принятых для воздушных холодильников пределах - до 25 м/сек.

Приведенные выше тепловые расчеты основаны на более или менее грубых допущениях, характерных для расчетов новых тепловых аппаратов, которые, поэтому, всегда предполагают их экспериментальную проверку.

Испытания Устройства целесообразно проводить при запуске двигателя при низких температурах окружающего воздуха (например  $-25^{\circ}\text{C}$ ), поскольку и из практики эксплуатации двигателей, и из вышеприведенных примеров 2,3,4 видно, что чем ниже температура окружающего воздуха при запуске, тем конденсация больше, а технический результат от применения Устройства более выражен. Для проверки работоспособности Устройства, или, другими словами, демонстрации объективности проявления технического результата, можно предложить, по крайней мере, три варианта, каждый по отдельности, или в их комбинации.

1290 Вариант 1. Определяют известным способом (например, Колунин А.В. "Влияние низких температур окружающей среды на периодичность технического обслуживания силовых установок дорожных и строительных машин", дисс., Омск, 2006) содержание воды в свежем масле, которое заливают в картер двигателя, или не оборудованного, или с отключенным Устройством, запускают двигатель при температуре окружающего воздуха, например  $-25^{\circ}\text{C}$ , прогревают его до температуры точки росы прорывных картерных газов *KGB* (например,  $+45^{\circ}\text{C}$ ), останавливают двигатель, отбирают пробу масла (можно отбирать и в процессе прогрева с каким-то временным шагом) и определяют в нем содержание воды, вычисляют общее количество конденсата, выпавшее в картере за время прогрева.

Проделывают то же самое с двигателем, снабженным Устройством, и сравнивают количества полученного конденсата в масле в том и другом случае. О достижении максимального результата свидетельствует отсутствие конденсата в масле. Величина разности в количествах конденсата характеризует степень полноты достижения технического результата. Для увеличения последней следует вернуться к конструированию Устройства и увеличить тепловую нагрузку холодильника-ловушки *KF*, увеличив его площадь, например, или изменить его расположение для более интенсивной обдувки наружным воздухом.

1310        Вариант 2. Отсоединяют трубку 18 от испарителя конденсата 17 (см. фиг.2) или от накопителя конденсата 21 (см. фиг.3) и пережимают её зажимом (например, Мора), прогревают двигатель как в примере 2 и останавливают. Сливают конденсат 13, раскрыв зажим, в посуду, измеряют его количество и, возможно, определяют состав (вода и фрагменты топлива). Очевидно, на это количество Устройство уменьшает конденсацию паров в картере. Сравнивают количество конденсата в картере двигателя без Устройства, определенное по варианту 1 и количество конденсата, собранное из холодильника ловушки. О достижении максимального технического результата свидетельствует равенство этих количеств. Чем меньшую долю собранный из холодильника-ловушки конденсат составляет от общего количества конденсата в картере двигателя без Устройства, определенное по варианту 1, тем менее эффективно работает Устройство.

1315        Следует вернуться к его конструированию и увеличить тепловую нагрузку  $K \cdot F$ . Можно снять эти показания в динамике, отбирая пробы конденсата в процессе прогрева.

1320

              Вариант 3. Устанавливают на двигатель опытный образец Устройства с разъемным каналом 4 после маслоулавливающего устройства 6 (см. фиг.2,3), в разъем которого монтируют датчик температуры точки росы дымовых газов, например, Vaisala DRYCAP® Dewpoint Transmitters DMT345 ([http://www.vaisala.com/en/products/dewpoint/Pages/DMT345\\_346.aspx](http://www.vaisala.com/en/products/dewpoint/Pages/DMT345_346.aspx)). Через отверстие картера для масляного щупа вставляют датчик температуры (штатные датчики температуры масла двигателя обычно недостаточно точны для этой цели). Запускают двигатель при выбранной температуре окружающего воздуха, например,  $-25^{\circ}\text{C}$ , и снимают во время прогрева одновременно значения температуры картера и температуры точки росы картерных газов. Строят по полученным данным зависимости температуры картерных газов и температуры точки росы от времени прогрева.

1325        Об отсутствии конденсации паров в картере в любой момент времени свидетельствует температура точки росы ниже температуры картера.

              Наличие участка, где температура точки росы равна температуре картерных газов, (вероятнее всего в начале прогрева) свидетельствует о возможности некоторой конденсации на этом участке. Для устранения полностью конденсации следует

1330

1335

1340

Таким образом, технический результат, достигаемый с помощью заявляемого Устройства, состоит в уменьшении, вплоть до предотвращения в частных случаях, 1345 конденсации в картере двигателя паров веществ, имеющих точку росы, т.е. находящихся в двухфазном состоянии в рассматриваемом диапазоне температур картера.

Достигается указанный технический результат благодаря конденсации и временному аккумулированию паров в Устройстве, а не в картере, за счет их охлаждения в холодильнике-ловушке окружающим воздухом.

1350 Уменьшение конденсации паров в картере уменьшает известный избыточный износ двигателя при его запуске. Решает проблему т.н. "коротких поездок", когда в результате коротких рабочих циклов двигателя, при частых охлаждениях и прогревах с конденсацией паров, происходит катастрофическое накопление воды в масле до уровня, когда оно начинает считаться непригодным.

1355 Главной особенностью предлагаемого Устройства, обеспечивающей достижение максимального технического результата по сравнению с известной системой приточно-вытяжной вентиляции картера, является его автономность, отсутствие связи его действия с топливно-воздушной системой двигателя, включая существующую (в том числе приточно-вытяжную) систему вентиляции картера. Например, при остановленном 1360 двигателе Устройство работает, а система вентиляции уже нет. В период прогрева (холостого хода) двигателя Устройство работает, а вентиляция картера почти нет - клапан вентиляции картера закрыт. В период прогрева двигателя интенсивный поток газов через Устройство, необходимый для достижения максимального технического результата, происходит по замкнутому контуру, как бы внутри картера, поэтому не 1365 уносит масло во впускной коллектор двигателя и не влияет на тонко отрегулированный процесс приготовления топливно-воздушной смеси в бензиновых двигателях.

Устройство рассматривалось в применении к двигателям с закрытой системой вентиляции картера. Для двигателей с открытой системой вентиляции картера 1370 (неактуальных в настоящее время) никаких особенностей применения Устройства не имеется.

Формула.

1. Устройство для уменьшения конденсации паров в картере двигателя внутреннего сгорания, включающее

1375    холодильник - ловушку для охлаждения проходящих через него картерных газов, конденсации из них упомянутых паров и сбора их конденсата, представляющий собой охлаждаемую окружающим воздухом проточную для картерных газов емкость, подсоединенную к верху картера входным каналом для подачи в неё нагретых картерных газов и выходным каналом для возврата из неё охлажденных и осущененных 1380 газов в картер.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что канал для подачи нагретых картерных газов в холодильник-ловушку дополнительно снабжен маслоулавливающим устройством.

1385    3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что вход канала для подачи картерных газов в холодильник-ловушку располагается сверху последнего на максимально возможной по условиям компоновки двигателя высоте от верха картера, а выход канала для возврата охлажденных и осущененных газов в картер - снизу холодильника-ловушки 1390 для возникновения достаточной самотяги картерных газов в термоциркуляционном контуре, образованном горячим (канал для подачи горячих картерных газов в холодильник-ловушку) и холодным (холодильник-ловушка в совокупности с выходным каналом для возврата охлажденных и осущененных картерных газов в картер) коленами.

1395    4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что канал для подачи нагретых картерных газов в холодильник-ловушку выполнен или теплоизолированным, или обогреваемым, или теплоизолированным и обогреваемым.

1400    5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что в частном случае канал для подачи нагретых картерных газов в холодильник-ловушку выполнен внутри блока цилиндров от верха картера до верха блока цилиндров, где он подсоединенется к верху холодильника-ловушки.

1405    6. Устройство по п.1, отличающееся тем, что дополнительно включает канальный вентилятор, установленный в выходном канале холодильника-ловушки, создающий во

время прогрева двигателя поток охлажденных и осущеных картерных газов из холодильника-ловушки в картер, приводимый в действие от сети бортового электропитания и отключаемый при достижении заданной температуры в картере.

1410            7. Устройство по п.6, отличающееся тем, что канальный вентилятор обеспечивает кратность циркуляции картерных газов, равную отношению объемной скорости прохождения картерных газов через холодильник-ловушку к расходу картерных газов от 1 до 32.

1415            8.Устройство по п.1 отличающееся тем, что холодильник-ловушка выполнен в виде сосуда с развитой поверхностью из хорошо теплопроводящего тонкостенного материала и имеет в своей нижней части достаточный объем для вмещения конденсата паров.

1420            9.Устройство по п.8, отличающееся тем, что достаточный объем для вмещения конденсата достигается размещением верхнего конца канала для возврата охлажденных и осущеных газов в картер из холодильника-ловушки внутри последнего на расстоянии от его дна, достаточном в совокупности с площадью поперечного сечения холодильника-ловушки для образования упомянутого объема.

1425            10. Устройство по п.8, отличающееся тем, что холодильник-ловушка выполнен в виде тонкостенного сильфона или круглого, или прямоугольного поперечного сечения.

1430            11. Устройство по п.10 отличающееся тем, что тонкостенный сильфон армирован проволочными кольцами, проложенными по углублениям между гофрами.

1435            12. Устройство по п.8, отличающееся тем, что холодильник-ловушка снабжен распределителем потока входящих в него нагретых картерных газов, направляющим этот поток вдоль по стенкам сосуда.

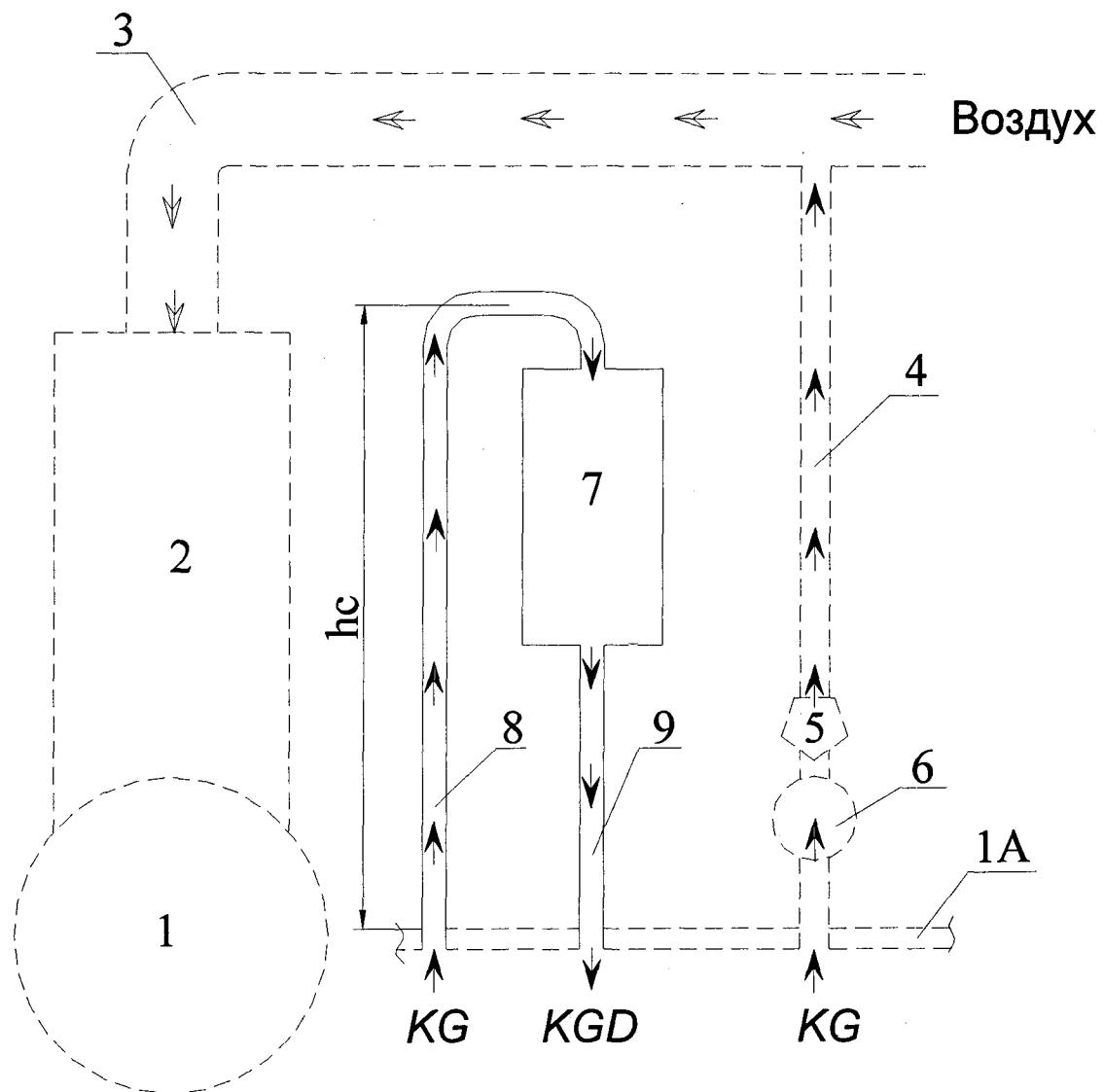
13. Устройство по п.1, отличающееся тем, что в частном случае дополнительно  
1440 включает испаритель конденсата, выполненный в виде проточной для картерных газов  
емкости, встроенной в канал для подачи картерных газов из картера во впускной  
коллектор двигателя между маслоулавливающим устройством и клапаном вентиляции  
картера и соединенной с нижней частью холодильника-ловушки трубкой для стока  
конденсата из холодильника ловушки в испаритель, где конденсат испаряется при работе  
1445 двигателя за счёт тепла картерных газов и в их составе подается во впускной коллектор  
двигателя.

1450 14. Устройство по п.13, отличающееся тем, что испаритель конденсата  
выполнен в виде теплоизолированной снаружи емкости.

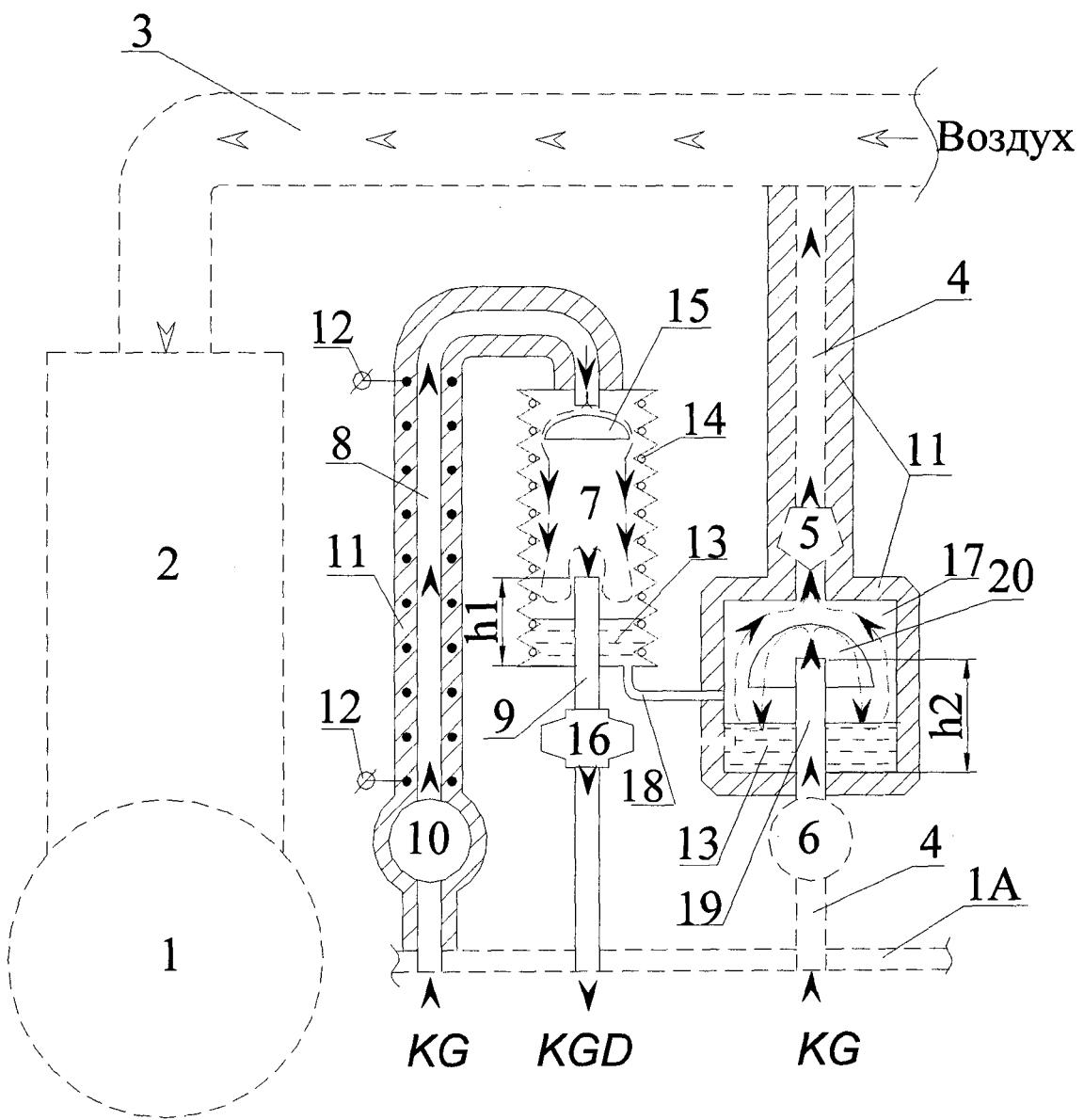
1455 15. Устройство по п.13, отличающееся тем, что вход в испаритель  
конденсата канала для подачи картерных газов во впускной коллектор двигателя  
выполнен в виде патрубка из теплопроводящего материала, конец которого  
располагается внутри испарителя конденсата на расстоянии от его дна,  
достаточном в совокупности с площадью поперечного сечения испарителя для  
вмещения конденсата.

1460 16. Устройство по п.15, отличающееся тем, что над концом  
теплопроводящего патрубка установлен экран для направления входящего  
в испаритель потока картерных газов на поверхность конденсата,  
находящегося в испарителе конденсата.

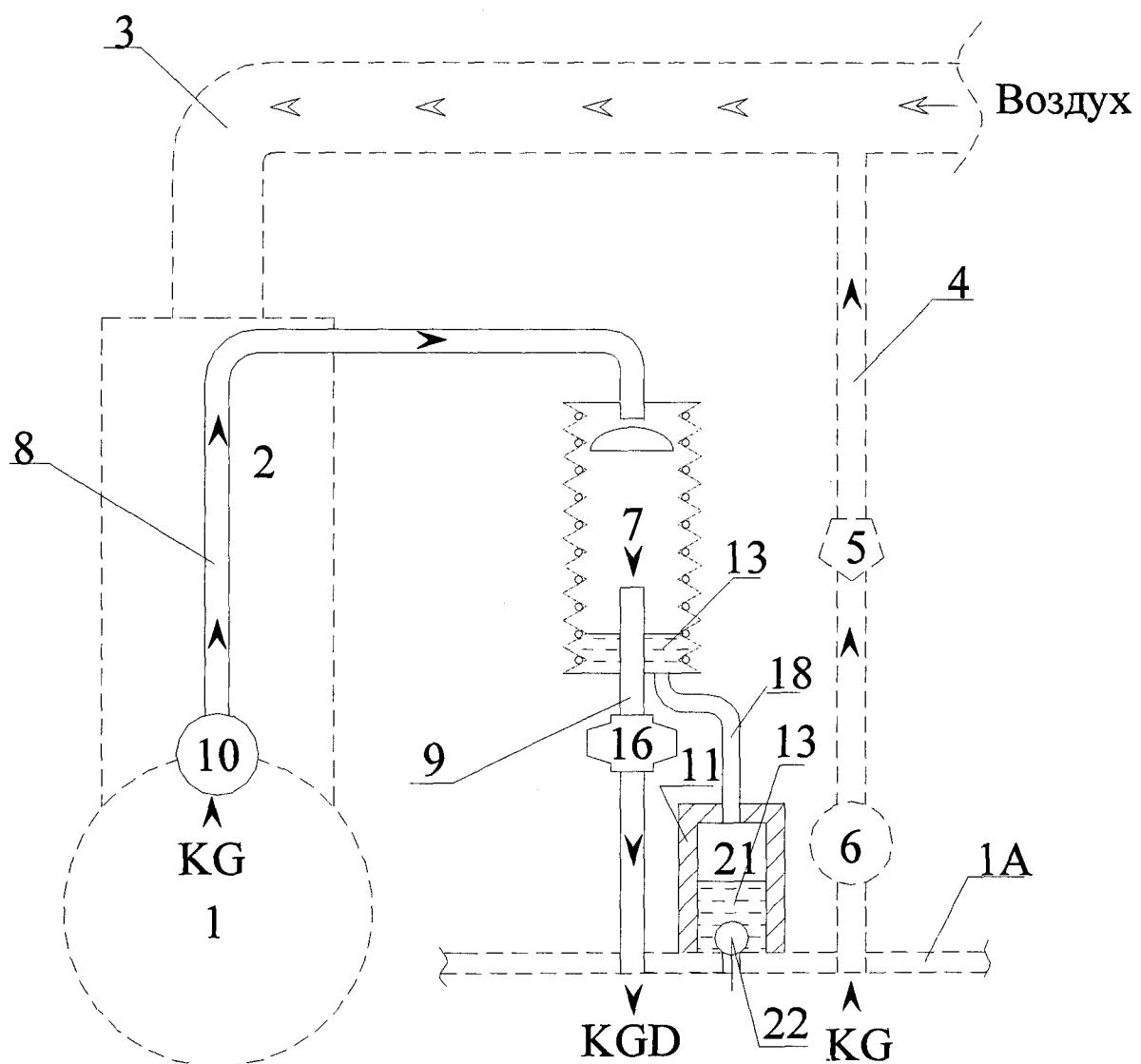
1465 17. Устройство по п.1, отличающееся тем, что в частном случае дополнительно  
включает накопитель конденсата, представляющий собой ёмкость с объемом,  
достаточным для вмещения конденсата, соединенную трубкой для стока в неё  
конденсата с нижней частью холодильника-ловушки, закрепленную на верхней стенке  
картера теплопроводящим соединением, теплоизолированную сверху и соединенную с  
внутрикартерным пространством через клапан, открываемый от датчика температуры в  
картере при достижении последней рабочего значения, после чего накопленный и  
1470 растаявший конденсат поступает в прогревый картер, где испаряется и в составе  
картерных газов поступает во впускной коллектор двигателя.



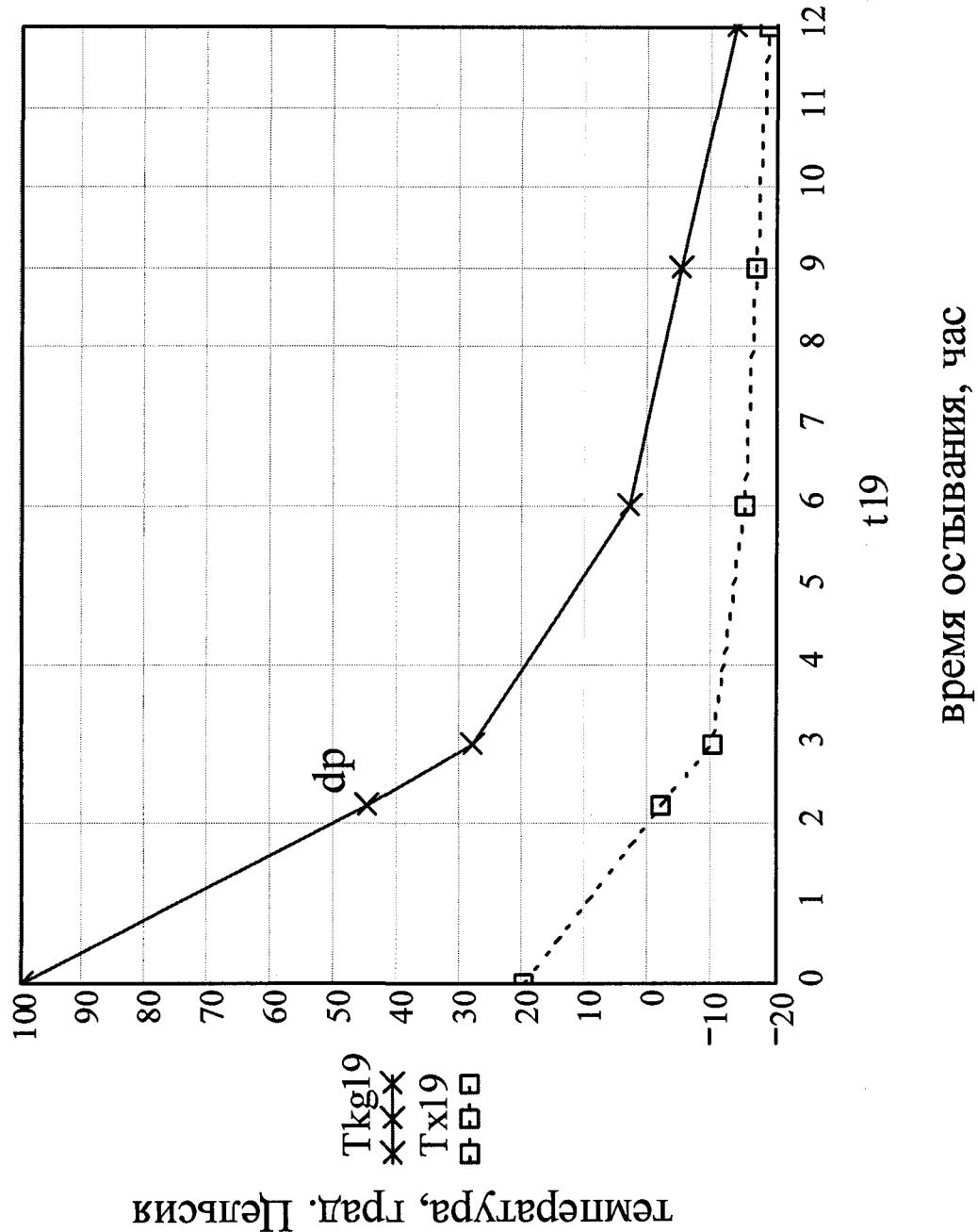
Фиг.1



Фиг.2



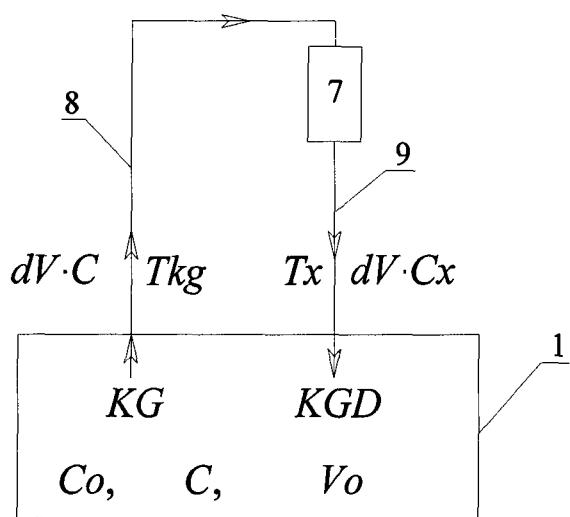
Фиг.3



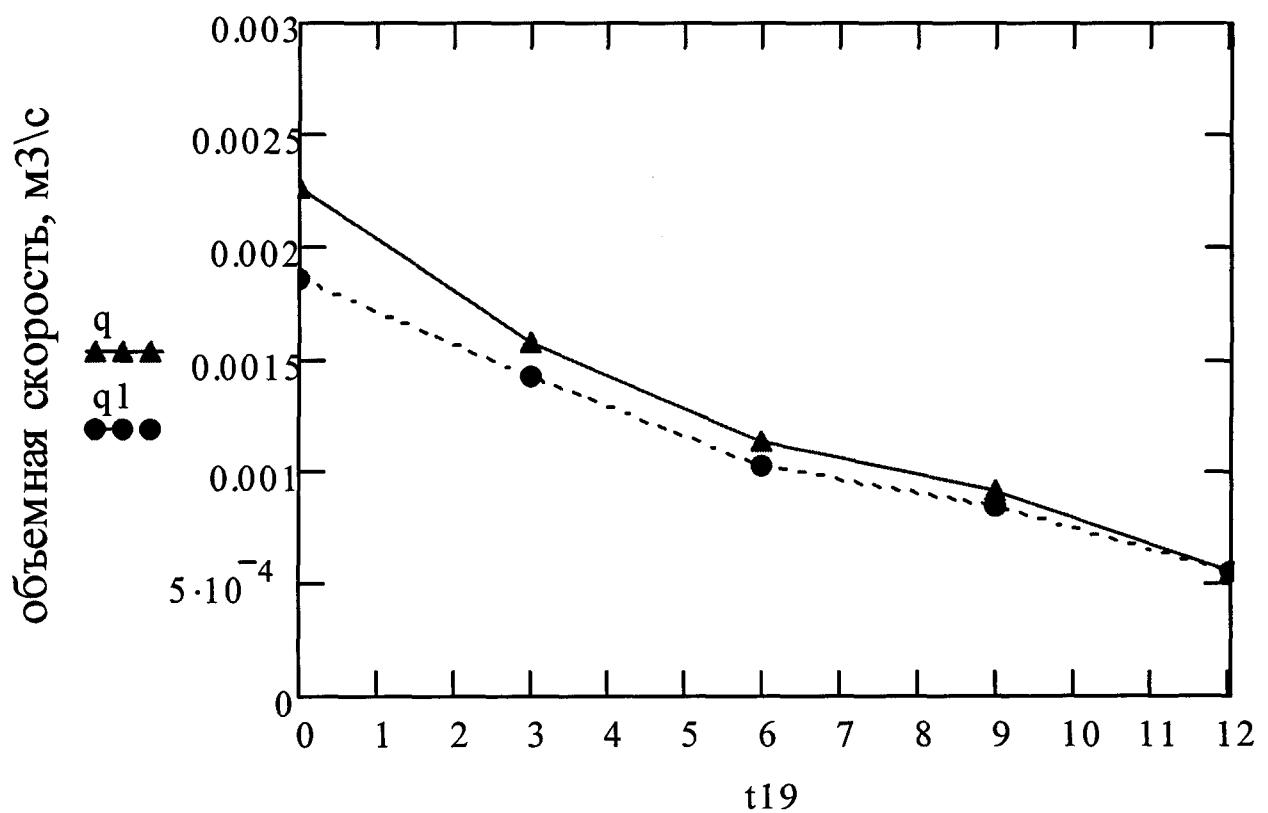
Фиг.4

время охлаждения, час

t19

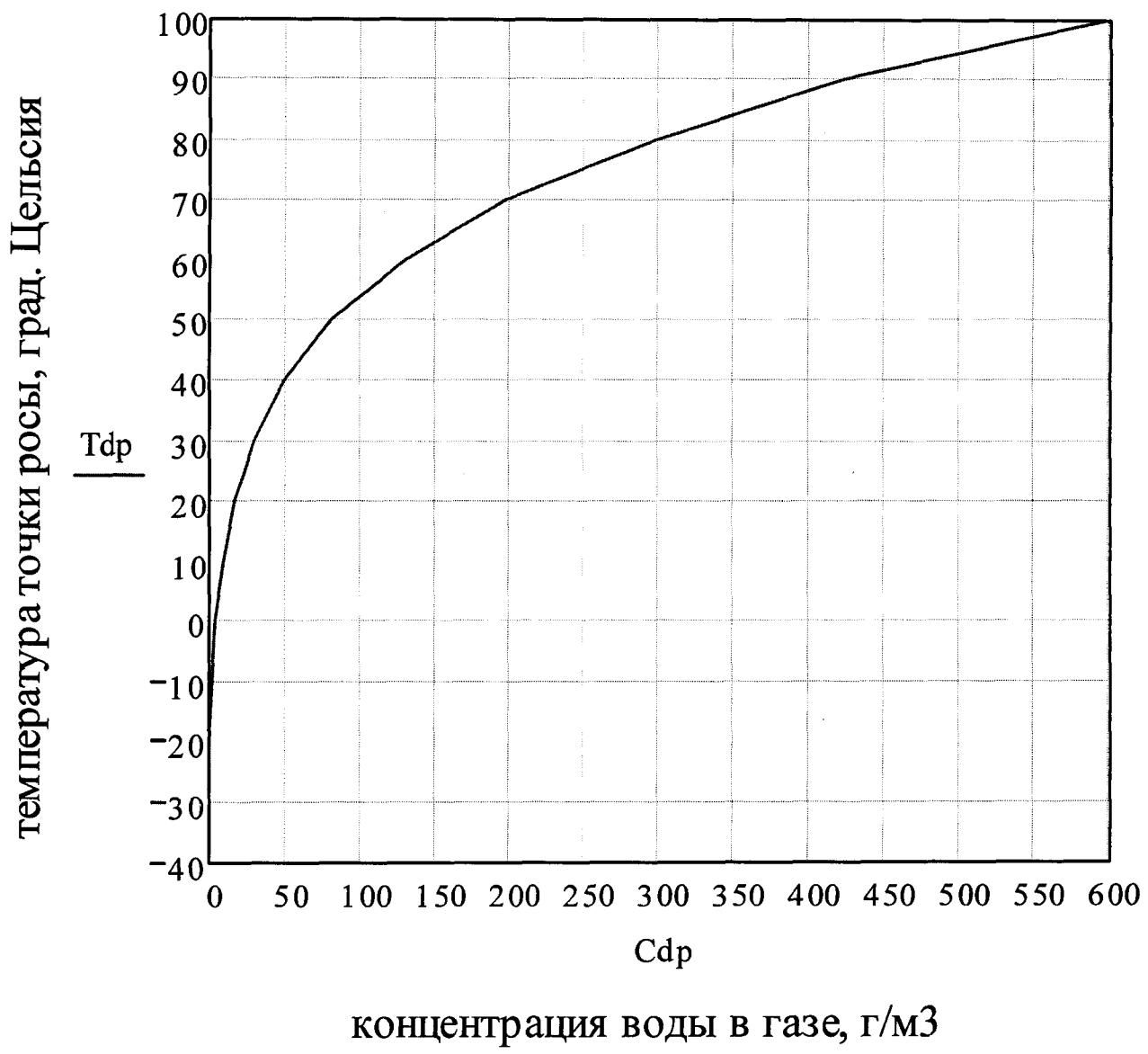


Фиг.5

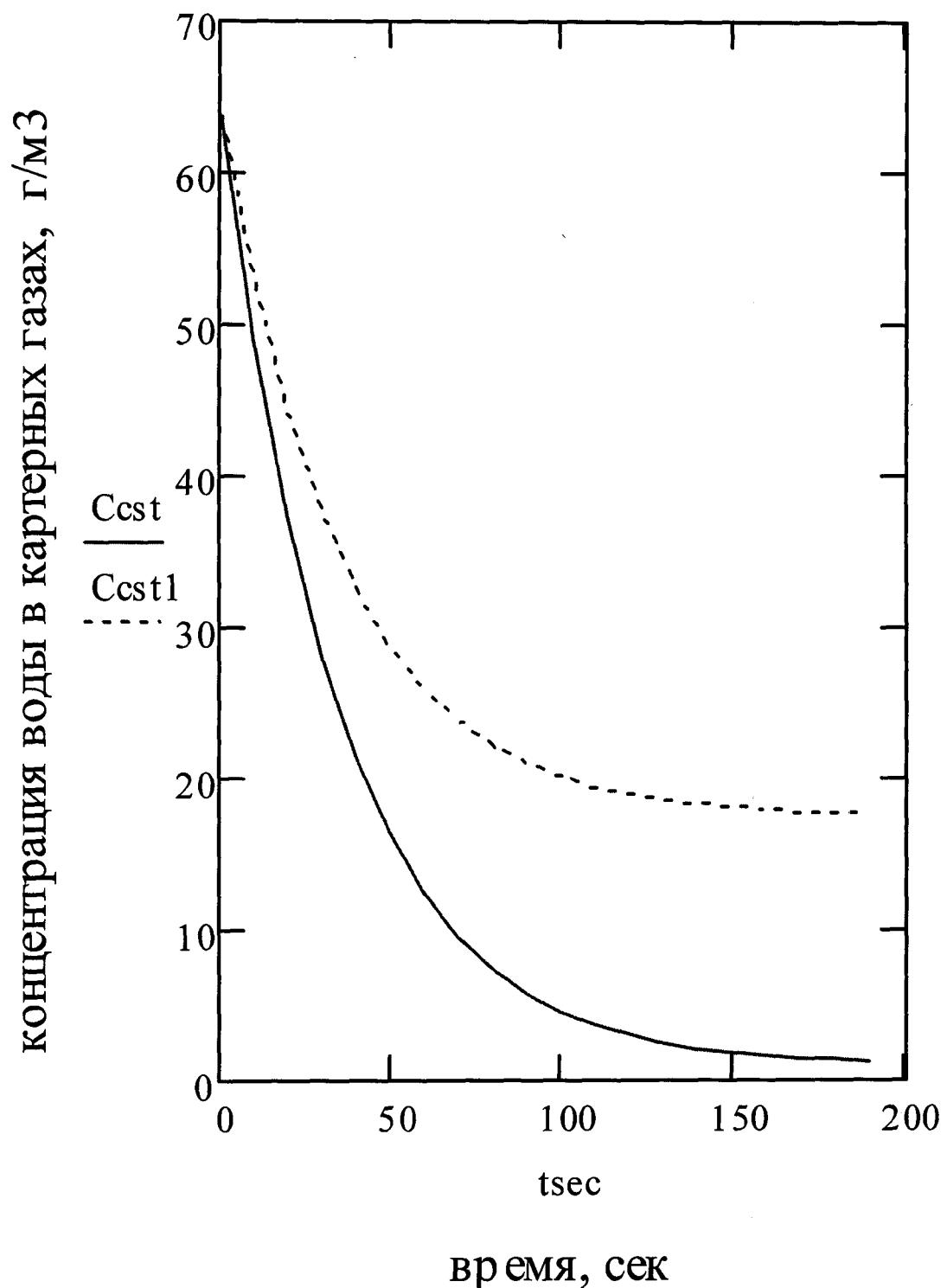


время остывания, час

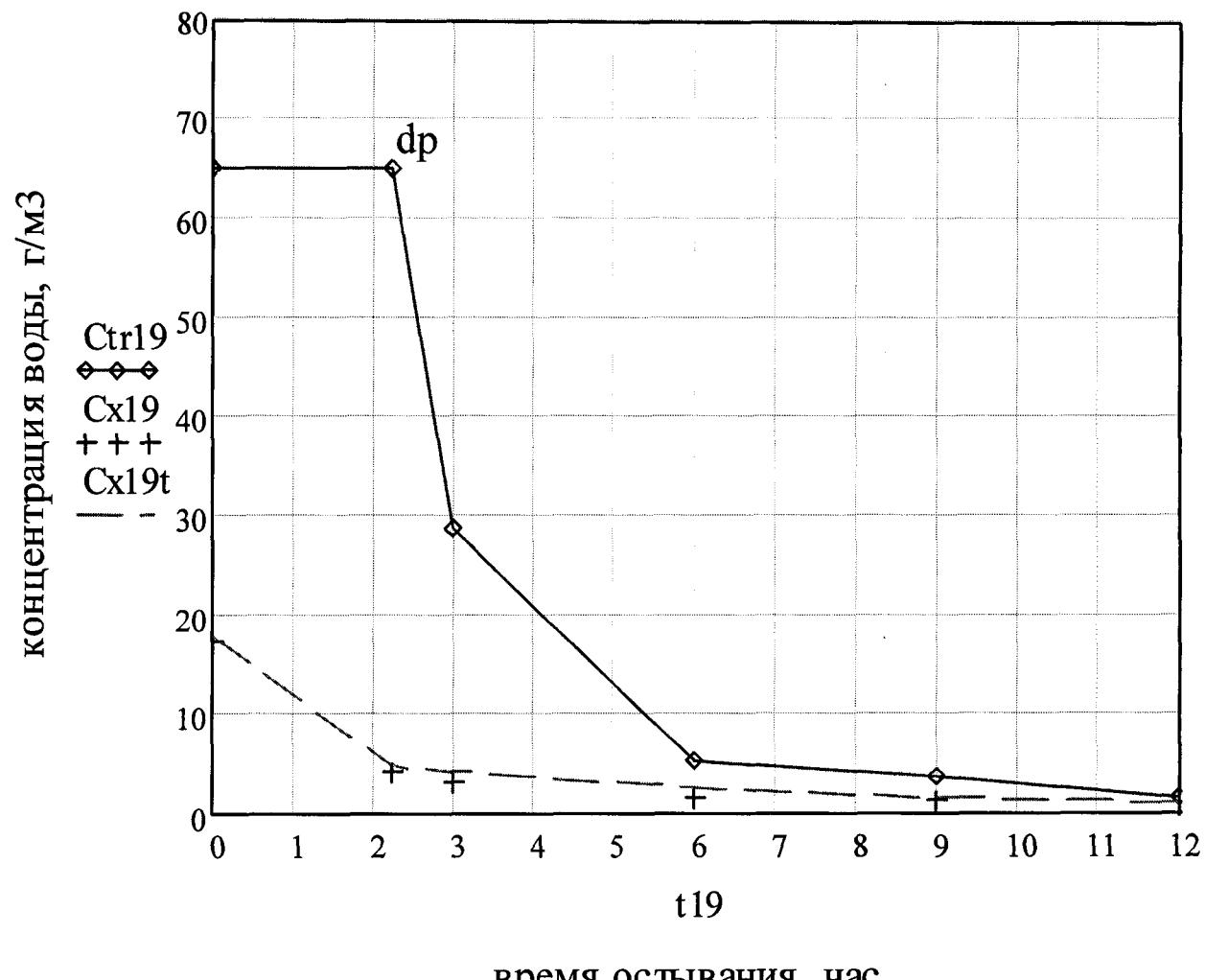
Фиг.6



Фиг.7

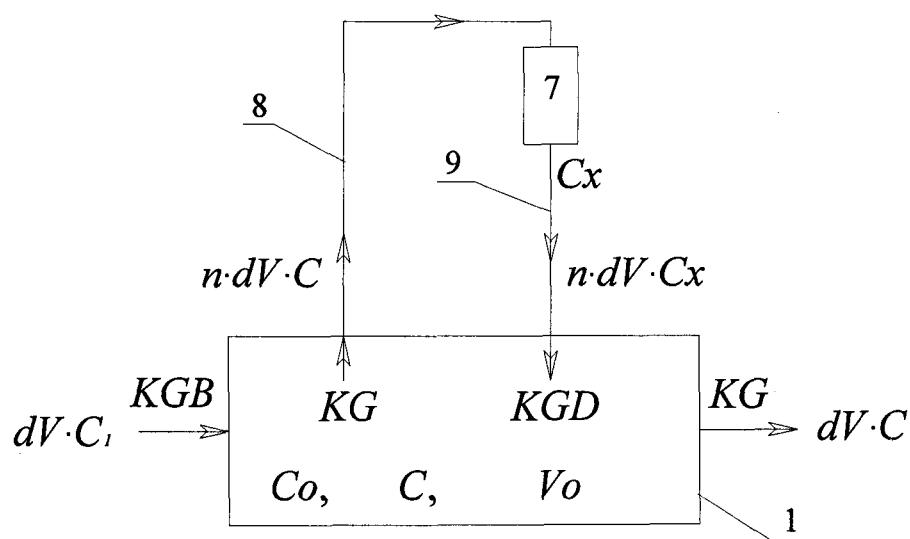


Фиг.8



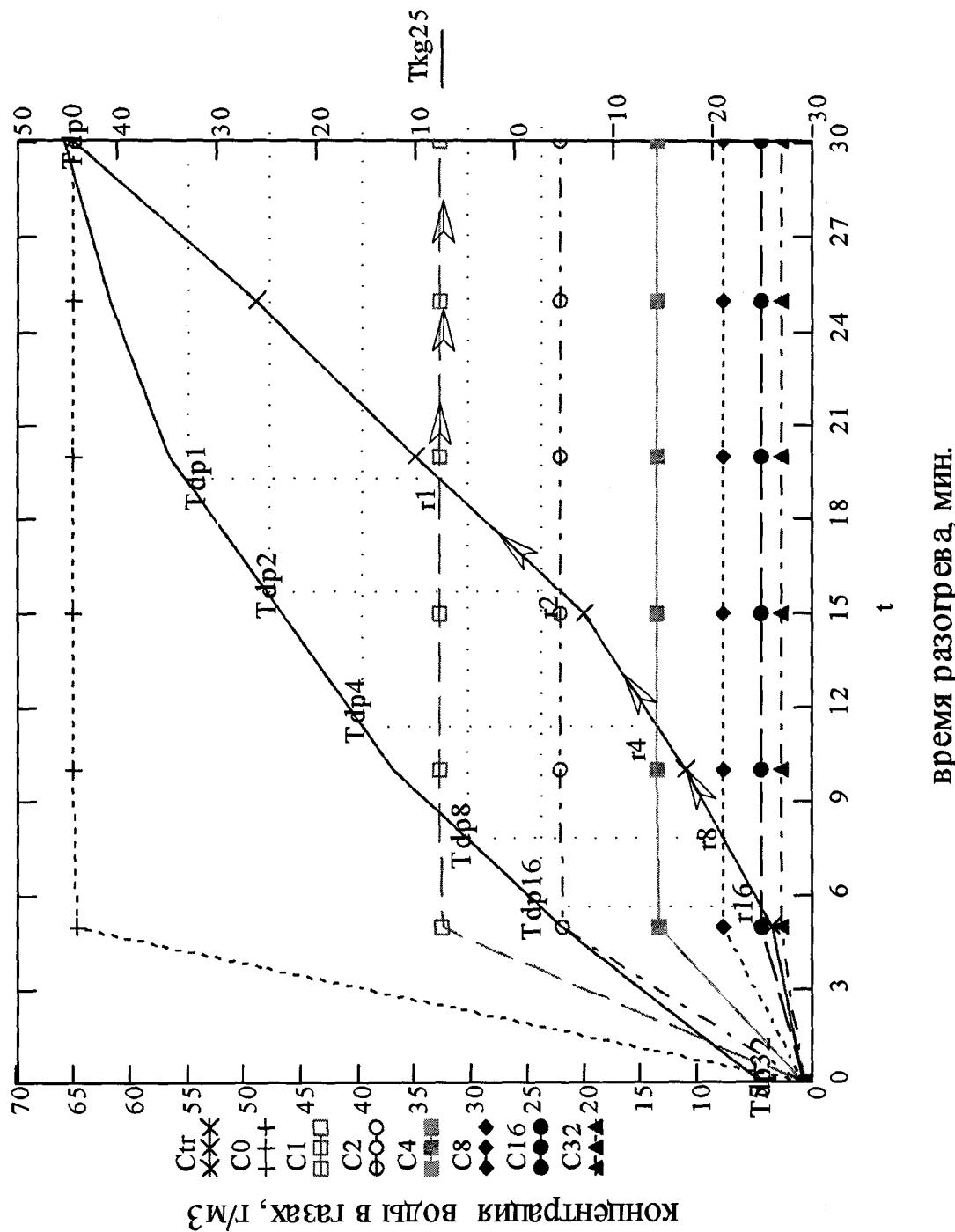
время остывания, час

Фиг.9

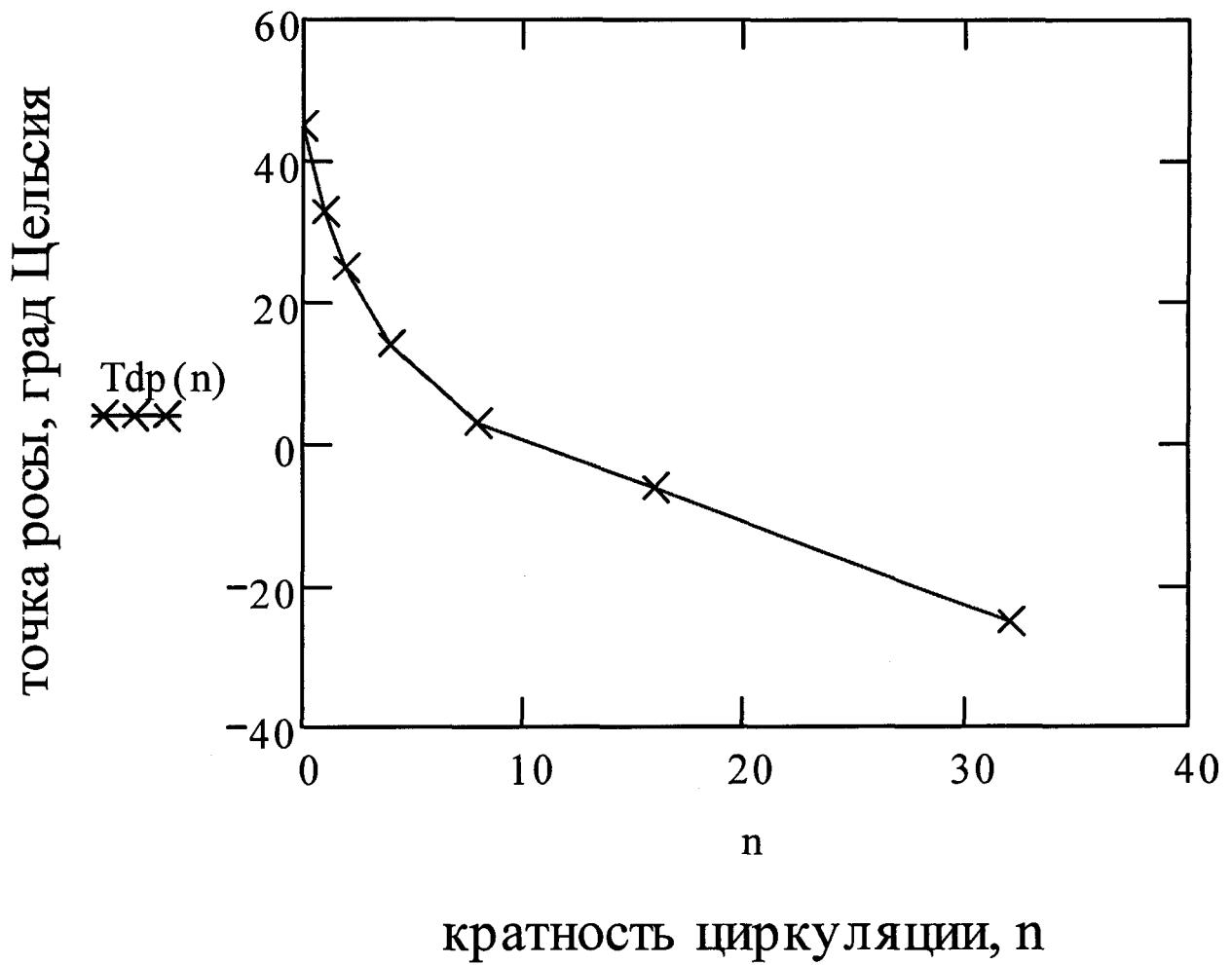


Фиг.10

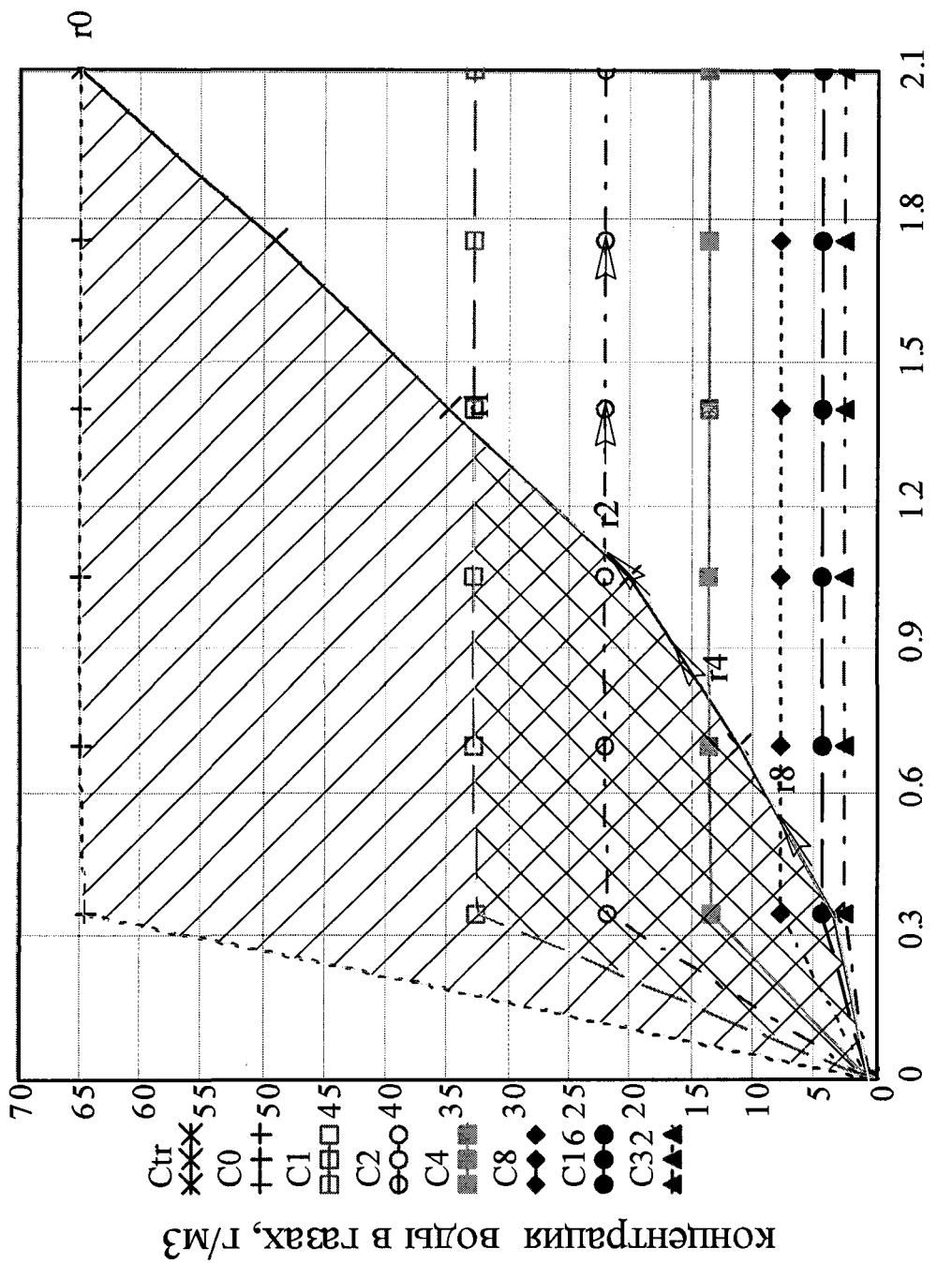
temperatura kaptephix razo b, rpa, Llejpcna



Фиг. 11

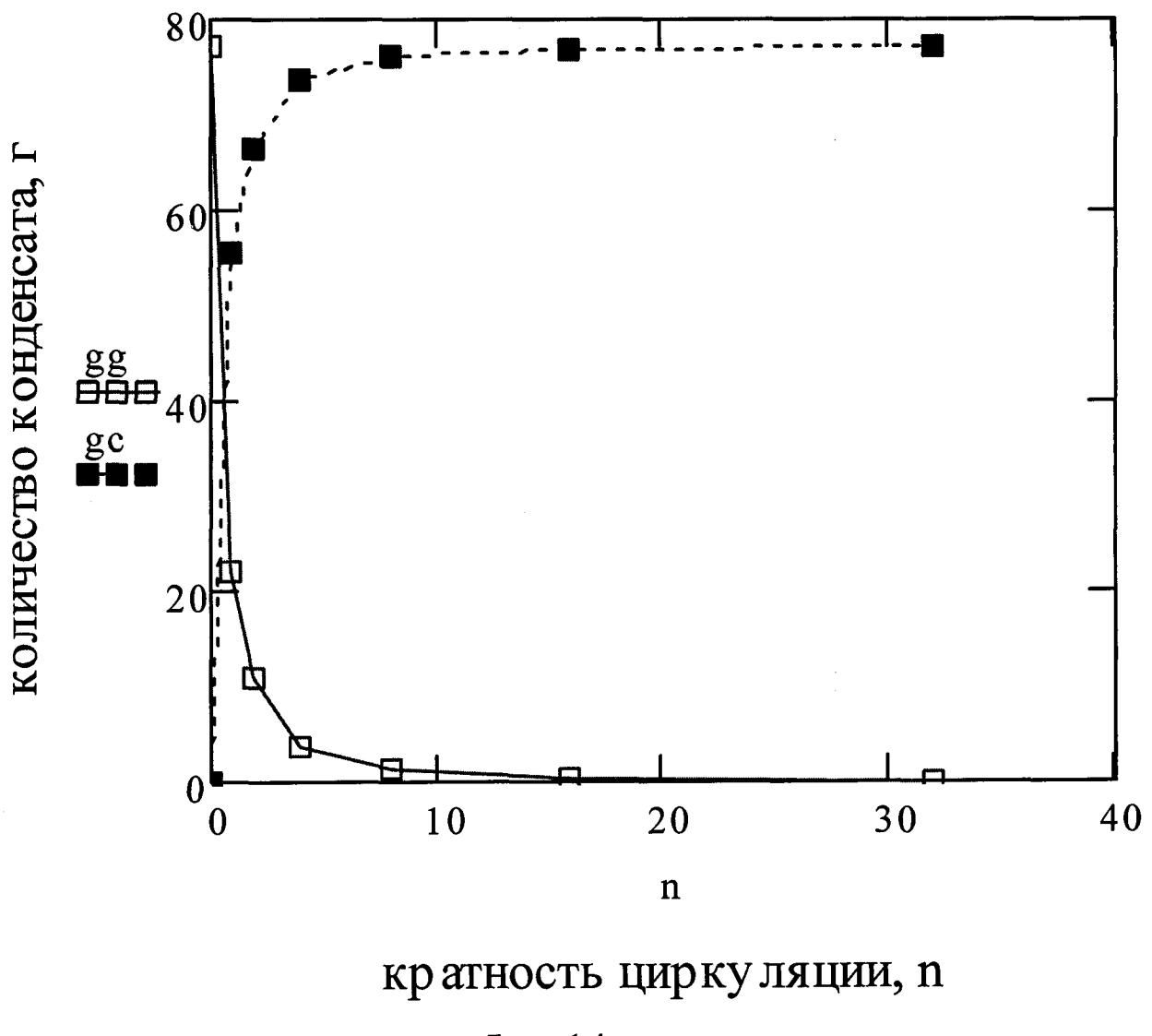


Фиг.12



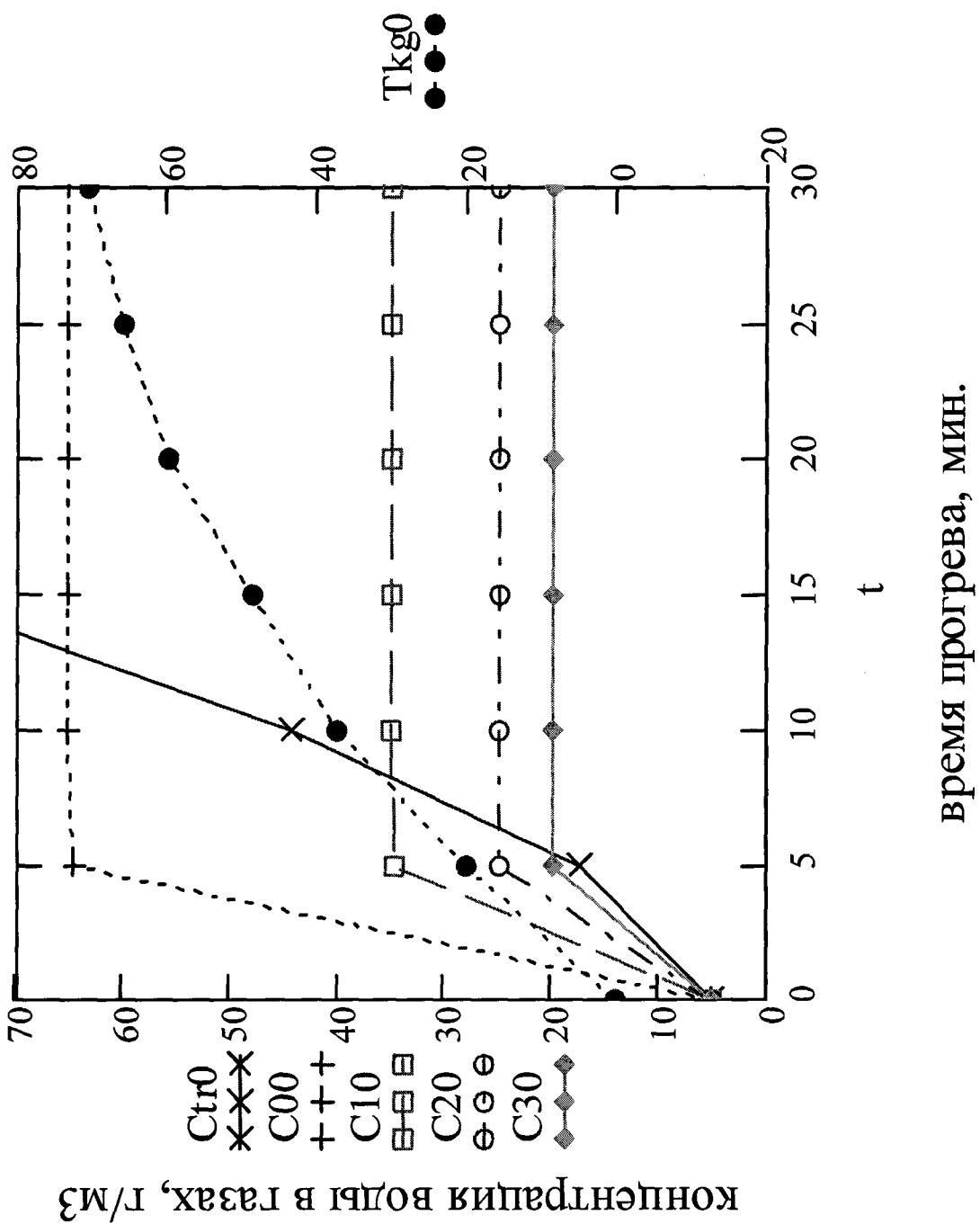
объем прорвавшихся (KGB) газов , м<sup>3</sup>

Фиг.13



Фиг.14

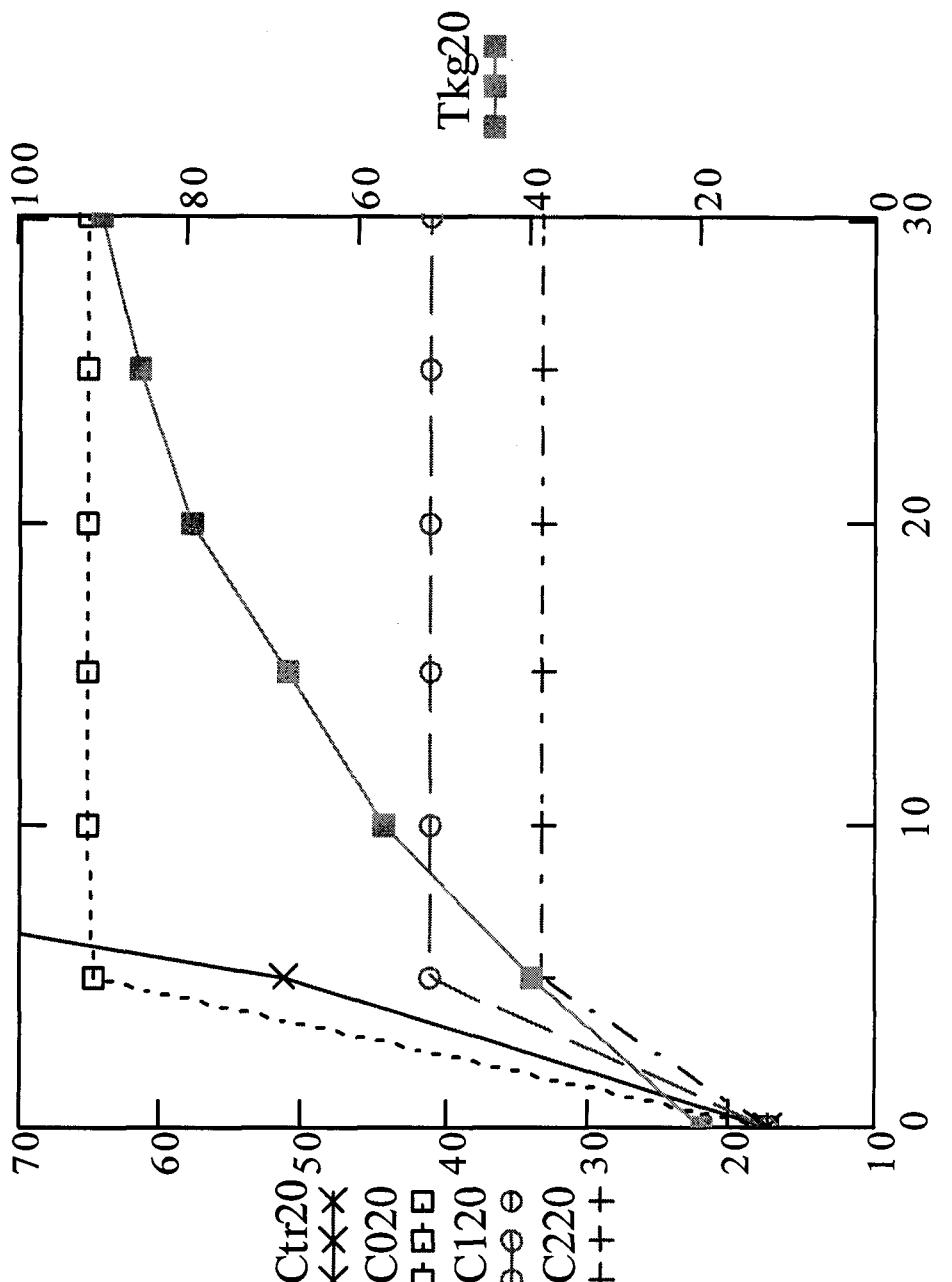
ТЕМПЕРАТУРА РАЗОБ, ТРАНСПОРТИРУЕМОЙ



Фиг.15

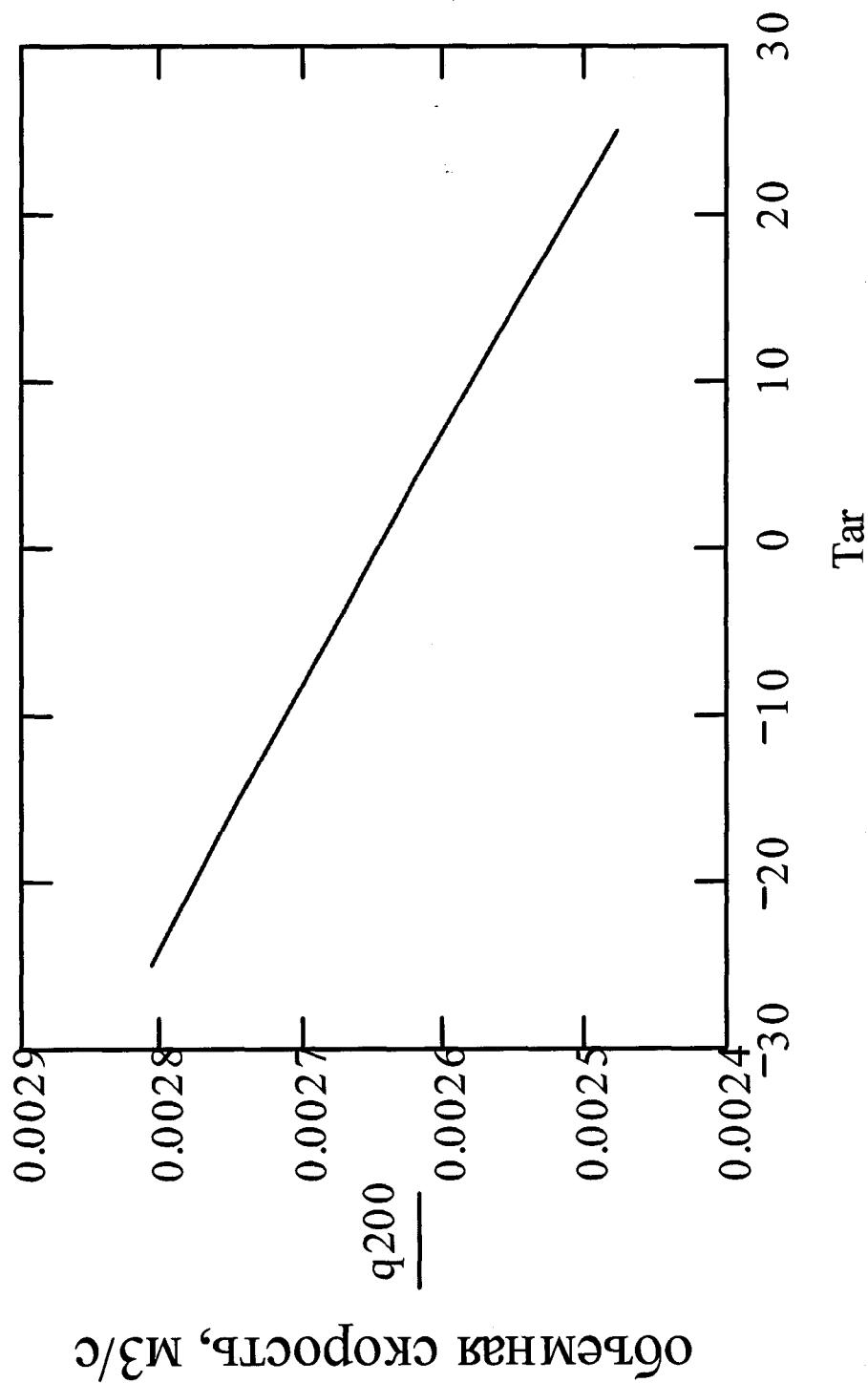
ВРЕМЯ ПРОГРЕВА, МИН.

ТЕМПЕРАТУРА РАДОБ, ТРАД.ЛІЖПНА



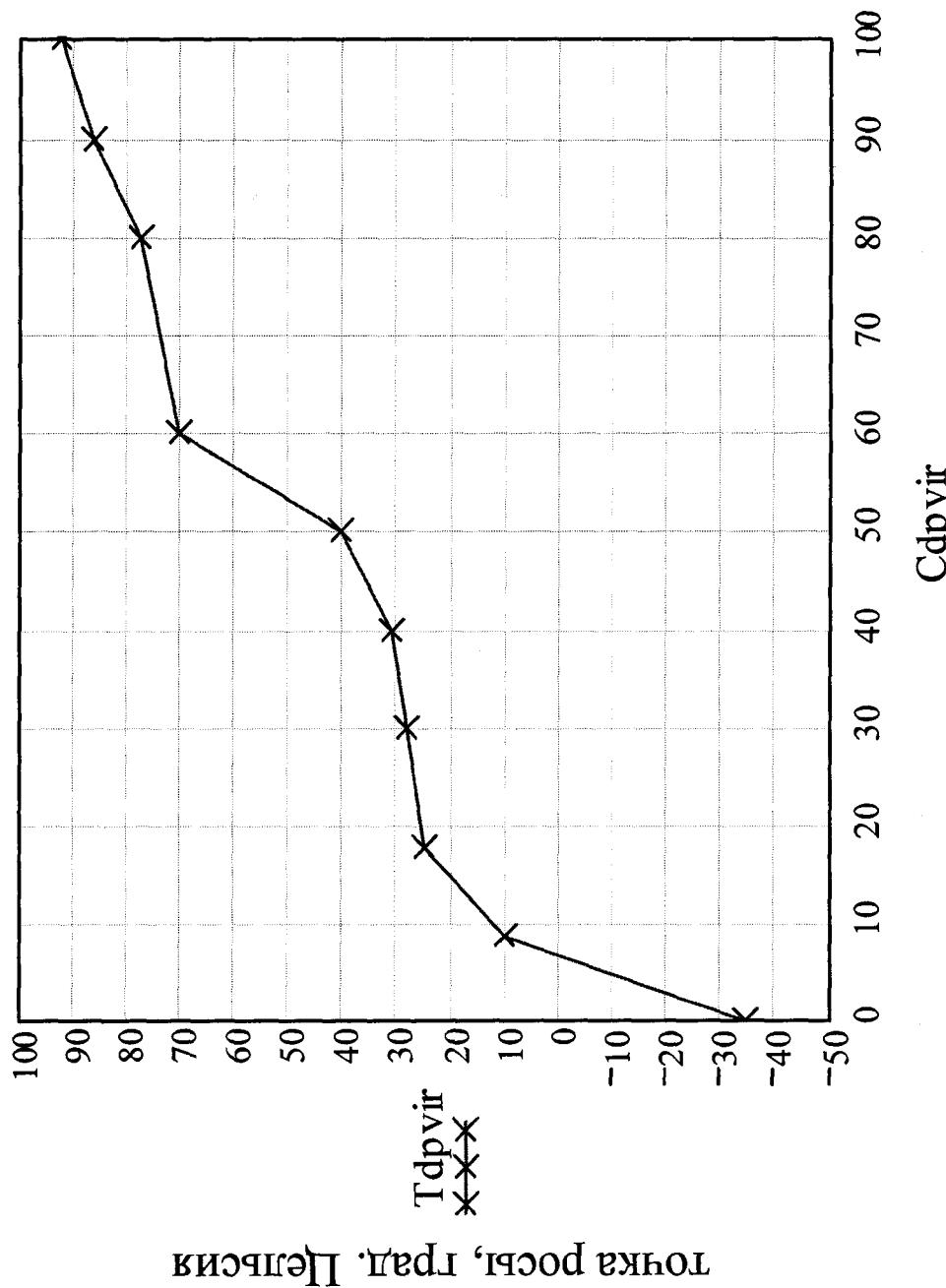
Фиг.16

время прогрева, мин



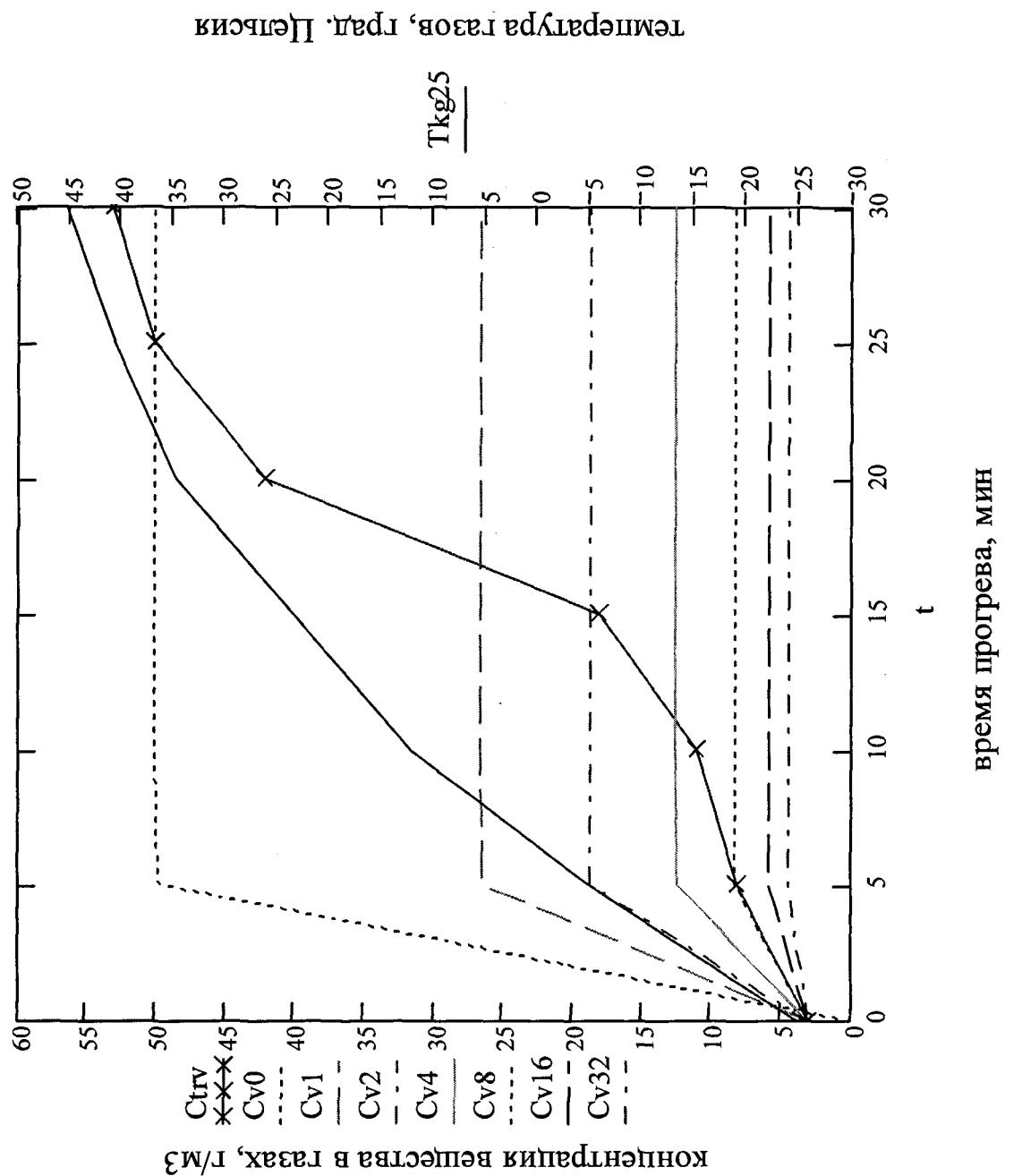
температура воздуха, град. Цельсия

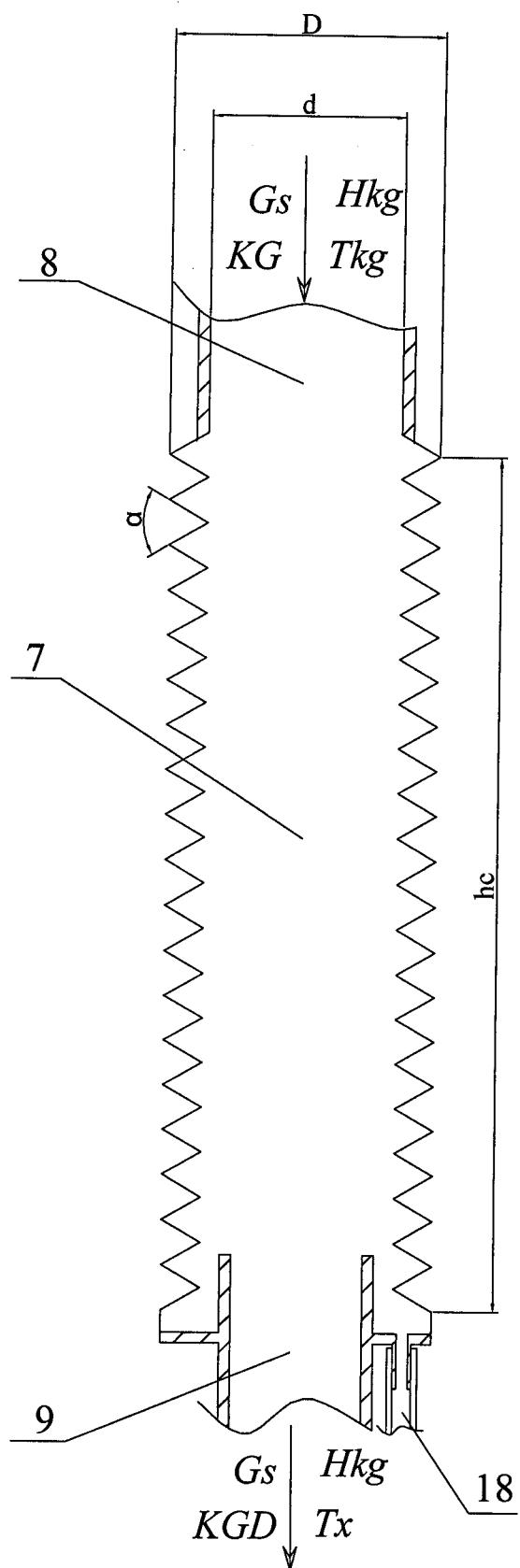
Фиг.17



концентрация вещества, г/м<sup>3</sup>

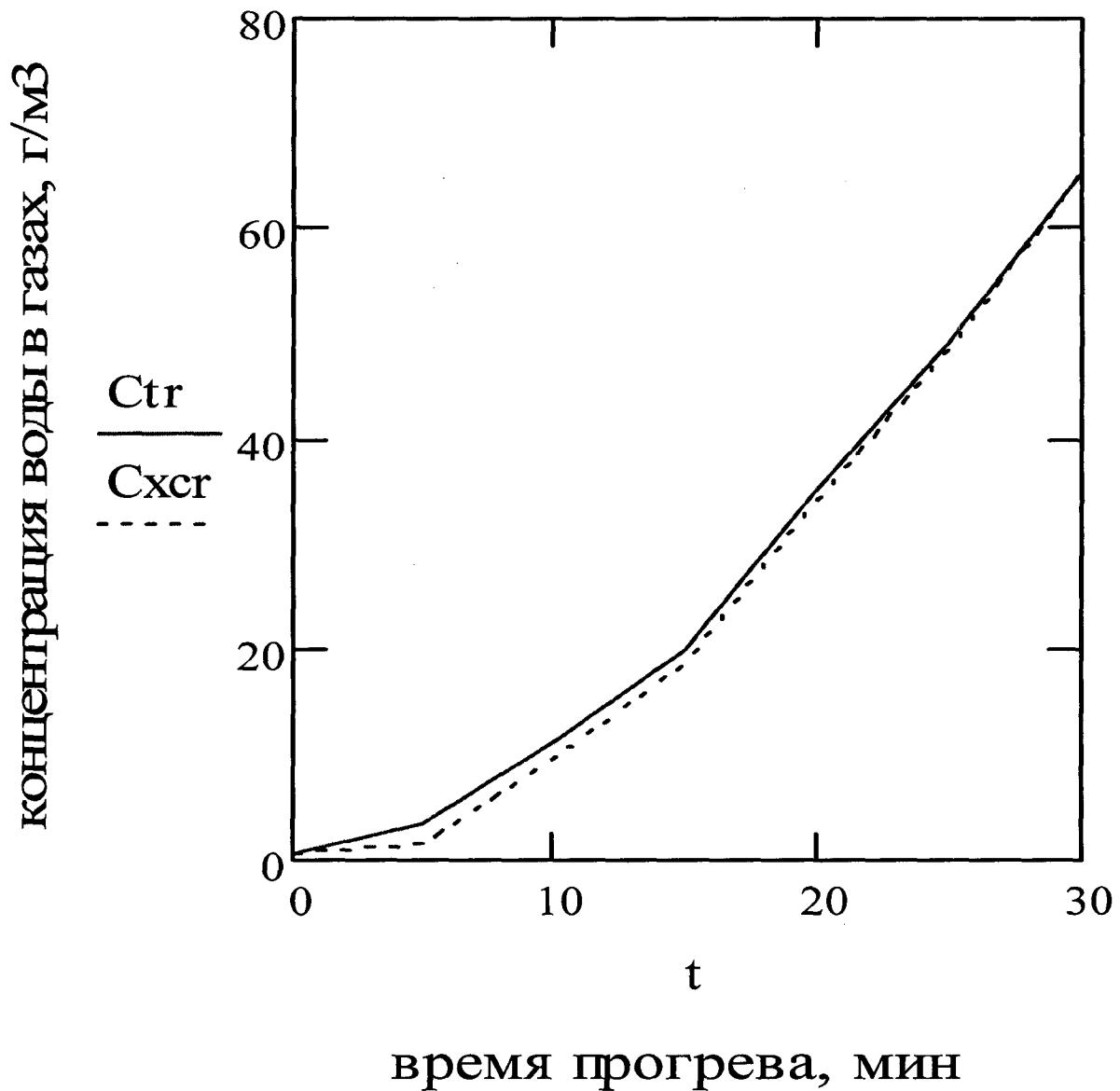
Фиг.18



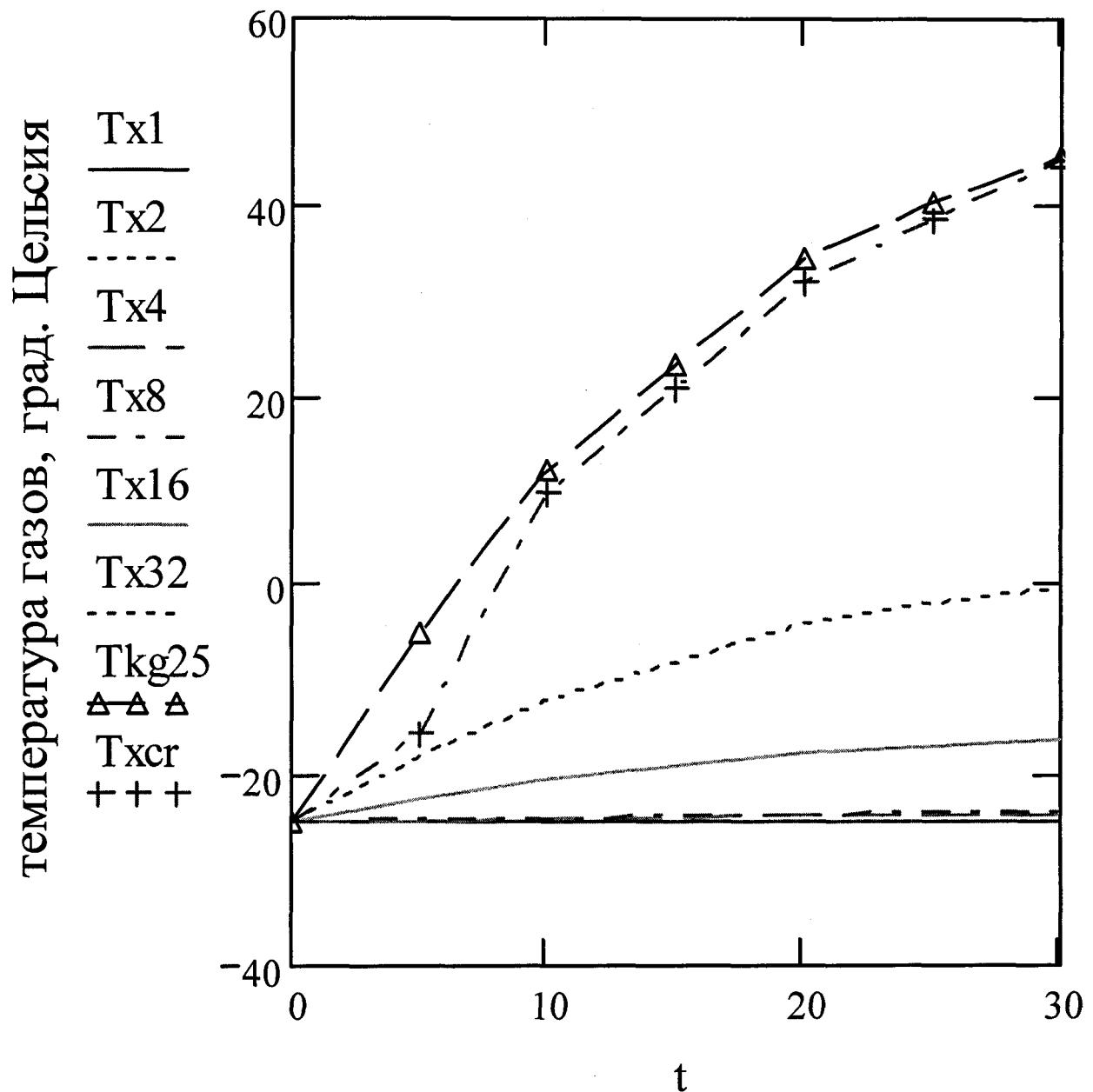


Фиг.20

18/21

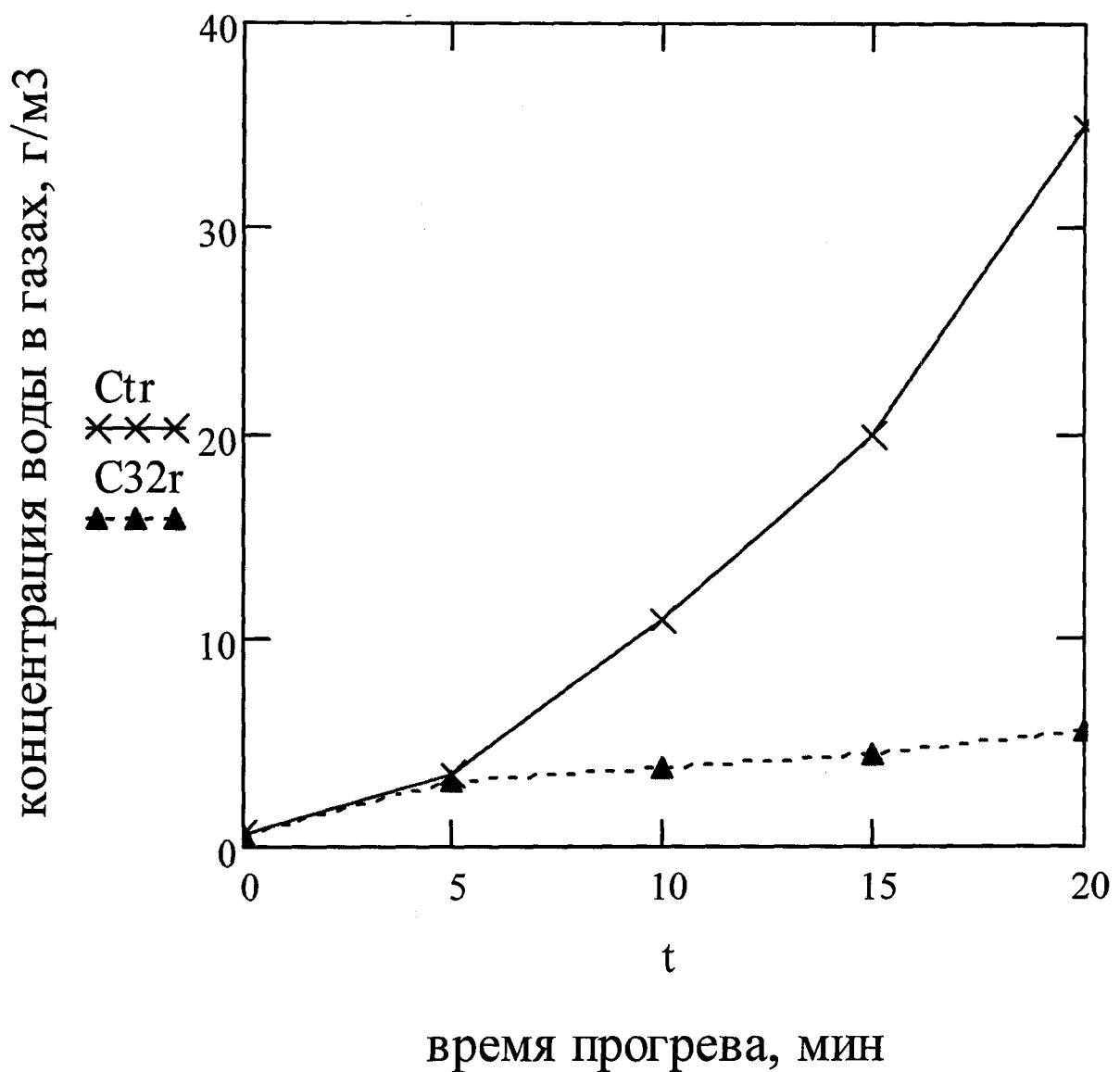


Фиг.21



время прогрева, мин

Фиг.22



Фиг.23

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2012/000765

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*F01M 13/00 (2006.01)**F01M 13/04 (2006.01)**F01M 11/08 (2006.01)*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

F01M 13/00, 13/02, 13/04, 13/06, 11/00, 11/08, 25/00, 25/06, 25/07, F02D 21/00, 21/04, 21/06, 21/08, 21/10,  
F02B 47/00, 47/10

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PatSearch (RUPTO internal), Esp@cenet, PAJ, USPTO

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008180119 A (TOYOTA BOSHOKU CORP) 07.08.2008	I-17
A	US 5937837 A (CATERPILLAR INC.) 17.08.1999	I-17
A	RU 2052640 C1 (PROIZVODSTVENNOE OBEDINENIE "TURBOMOTORNY ZAVOD") 20.01.1996	I-17
A	RU 2036317 C1 (PROIZVODSTVENNOE OBEDINENIE "TURBOMOTORNY ZAVOD") 27.05.1995	I-17

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“&amp;” document member of the same patent family

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

Date of the actual completion of the international search  <b>28 December 2012 (28.12.2012)</b>	Date of mailing of the international search report  <b>17 January 2013 (17.01.2013)</b>
---	---

Name and mailing address of the ISA/  Facsimile No.	Authorized officer  Telephone No.
---	---

## ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2012/000765

- A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ *F01M 13/00 (2006.01)*  
*F01M 13/04 (2006.01)*  
*F01M 11/08 (2006.01)*

Согласно Международной патентной классификации МПК

## B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА

Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)

*F01M 13/00, 13/02, 13/04, 13/06, 11/00, 11/08, 25/00, 25/06, 25/07, F02D 21/00, 21/04, 21/06, 21/08, 21/10, F02B 47/00, 47/10*

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)

PatSearch (RUPTO internal), Esp@cenet, PAJ, USPTO

## C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:

Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	JP 2008180119 A (TOYOTA BOSHOKU CORP) 07.08.2008	1-17
A	US 5937837 A (CATERPILLAR INC.) 17.08.1999	1-17
A	RU 2052640 C1 (ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "ТУРБОМОТОРНЫЙ ЗАВОД") 20.01.1996	1-17
A	RU 2036317 C1 (ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "ТУРБОМОТОРНЫЙ ЗАВОД") 27.05.1995	1-17

 последующие документы указаны в продолжении графы С. данные о патентах-аналогах указаны в приложении

* Особые категории ссылочных документов:	"T"	более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение
"A" документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	"X"	документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности
"E" более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	"Y"	документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста
"L" документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	"&"	документ, являющийся патентом-аналогом
"O" документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.		
"P" документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета		

Дата действительного завершения международного поиска  28 декабря 2012 (28.12.2012)	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске  17 января 2013 (17.01.2013)
Наименование и адрес ISA/RU: ФИПС, РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30-1 Факс: (499) 243-33-37	Уполномоченное лицо:  Воробьев В. Телефон № (499) 240-25-91