

Бруль С.Т., Ткачук М.А., Васильєв А.Ю., Карапейчик І.М.

**МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КОРПУСАХ  
ЛЕГКОБРОНЬОВАНИХ МАШИН: ПІДХОДИ, МОДЕЛІ, ЕФЕКТИ**

При проектному обґрунтуванні параметрів бронекорпусів легкоброньованих машин необхідно враховувати весь спектр діючих навантажень та виникаючих при цьому фізико-механічних процесів. Для цього у роботі запропоновані нові підходи, побудовані удосконалені моделі та виявлені деякі ефекти. Основна увага приділена газодинаміці ударно-хвильових потоків, що обтікають корпус, пружно-пластичній поведінці його матеріалів, ударному резонансу при імпульсному навантаженні, а також впливу зварних швів на напружено-деформований стан досліджуваних бронекорпусів.

Brul S.T., Tkachuk N.A., Vasilyev A.Y., Karapeychik I.N.

**MODELING OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROCESSES IN LIGHTLY ARMORED VEHICLES HULLS: APPROACHES, MODELS, EFFECTS**

At the project foundation of lightly armored vehicles hulls parameters it is necessary to consider the whole range of operating loadings and emerging physical and mechanical processes. For this purpose new approaches are proposed, improved models are built and some effects are found in this work. The main attention is paid to gas-dynamics of shock wave flows around the hull; to elastic-plastic behavior of its materials; to shock resonance at impulse loading, and also the influence of welded seams on the stress-strain state of investigated armored hulls.

УДК 629.1.032.1

*Вакуленко В.В., канд. техн. наук; Возгрин Ю.В., Иванов Ю.П.,  
Кузьминский В.А., Лазурко А.В.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВ ДВИГАТЕЛЯ С ПОВЫШЕННЫМ  
ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ НА ВЫПУСКЕ**

**Актуальность темы.** Преодоление водных преград расширяет возможности боевого применения танков. Высокие темпы и скоротечность боевых действий в современных условиях требуют от танков возможности быстрого, с ходу форсирования водных преград, без применения для этого специальных инженерных переправочных средств (понтонные переправы, перекидные мосты, и др.), которые, в свою очередь, требуют длительного времени на развертывание и могут использоваться только в определенных условиях. В настоящее время основным способом преодоления танком водной преграды является движение танка по дну.

Современными танками используется, в зависимости от глубины водной преграды, преимущественно два способа преодоления водных преград по дну:

- преодоление водных преград вброд, без установки дополнительного оборудования. При этом глубина брода, которую может преодолеть танк, ограничивается расположением воздухозаборных устройств силовой установки;

- преодоление водных преград под водой, после установки дополнительного съёмного оборудования (герметизирующих устройств, водооткачивающих насосов, воздухопитающих и выхлопных труб, и т.д.). Преодоление водной преграды этим способом требует дополнительного времени для подготовки танка, и как правило, требует наличия вспомогательного оборудования, для установки дополнительного съёмного оборудования.

Українськими танками Т-64, Т-80УД, Т-84 і БМ «ОПЛОТ», оснащеними двигателями семейства 5ТД і 6ТД, також використовуються два вищеуказаних способи подолання водних перешкоди.

Однак, при русі танка по дну водної перешкоди умови роботи двигателя, які впливають на його тягові якості, інші, ніж при звичайному русі по суші внаслідок наявності спеціальних воздухозаборних пристроїв і труб, збільшують опір повітряної траси, а також випуску вихлопних газів в воду. В частині из-за встановлених в випускній трасі танка тарельчатих клапанів, що перешкоджають входу води в двигатель, і наявності гідравлічного опору при випуску оброблених газів в воду збільшується протидавлення на випуску из двигателя. Це в свою чергу знижує пускові властивості двигателя і в разі його зупинки при русі танка по дну водної перешкоди.

**Цілью статті** є дослідження пускових якостей 2-х тактного танкового дизеля 6ТД при збільшеному протидавленні на випуску і розробка рекомендацій по забезпеченню нормального пуску.

**Изложение основного материала.** При русі танка по дну подолуваної водної перешкоди відбувається зменшення потужності силової установки, в основному обумовлене збільшеною розрідженістю повітря на вході в двигатель і значимим збільшенням протидавлення на випуску, оскільки відбувається погіршення наповнення циліндрів двигателя повітрям і порушується утворення горючої суміші в циліндрах.

Збільшення розрідження на вході в двигатель, по причині невеликого збільшення опору повітряної траси, призводить до незначительних втрат потужності, т.к. частина потужності витрачається нагнетателем для додаткового стиснення повітря. Ці втрати можуть бути оцінені залежністю [ 1 ]:

$$\Delta p = \left[ 5,5 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot v \cdot T_0 (1 + \overline{\Delta G}) \left[ 1 - \frac{\rho_n}{\rho_{атм}} \right] \right] P_e, \quad (1)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря;  $\varphi$  – коефіцієнт продувки;  $v$  – удільний ефективний витрат палива, г/кВт·ч;  $T_0$  – температура навколишнього середовища, °С;  $\rho_{атм}$  – тиск навколишнього середовища, Па;  $\rho_n$  – тиск на вході в нагнетатель, Па;  $P_e$  – потужність двигателя в танку, приведена до нормальних умов  $T_0$  і  $\rho_{атм}$ , кВт;  $\overline{\Delta G}$  – відносний витрат повітря на потреби танка;

Величина відносного витрату повітря  $\overline{\Delta G}$  визначається вираженням [ 1 ]:

$$\overline{\Delta G} = \frac{\Delta G_{об}}{G_{дв}}, \quad (2)$$

де  $\Delta G_{об}$  – витрат повітря на потреби танка, м<sup>3</sup>/с;  $G_{дв}$  – витрат повітря через двигатель, м<sup>3</sup>/с.

Для двигателів семейства 5ТД і 6ТД, при розрідженні повітря на вході нагнетателя на рівні 1350 мм вод. ст., втрати потужності становлять 2,3...2,75% ефективної потужності двигателя, т.е. відповідуюче зниження агрегатної потужності танка становить близько 0,25% на кожні 100 мм вод. ст. збільшення розрідження на вході в нагнетатель [ 1 ].

Поэтому потери мощности в силовой установке в основном определяются противодавлением на выпуске. Эти потери мощности для двухтактного двигателя могут быть найдены по формуле [ 2 ]:

$$N''_{\text{вых}} = \frac{\rho'_{\text{вых}} \cdot V_{\text{л}} \cdot n}{450}, \quad (3)$$

где  $V_{\text{л}}$  — рабочий объём цилиндров (литраж) двигателя,  $\text{м}^3$ ;  $n$  — число оборотов коленчатого вала на данном скоростном режиме  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\rho'_{\text{вых}}$  — дополнительное противодавление выпуску, обусловленное его выходом в воду и перемещением выпускных тарельчатых клапанов, Па.

В свою очередь величина  $\rho'_{\text{вых}}$  определяется выражением:

$$\rho'_{\text{вых}} = \gamma_{\text{в}} (H\omega - h_{\text{кл}}) + \rho_{\text{кл}}, \quad (4)$$

где  $\gamma_{\text{в}}$  — удельный вес воды;  $\gamma_{\text{в}}=0,001 \text{ кгс/см}^2$ ;  $H\omega$  — глубина погружения танка (см. рис. 1), м;  $h_{\text{кл}}$  — высота расположения выпускных тарельчатых клапанов от уровня грунта, м;  $\rho_{\text{кл}}$  — максимальное противодавление на выпуске от сопротивления выпускных тарельчатых клапанов в начале пуска, Па.

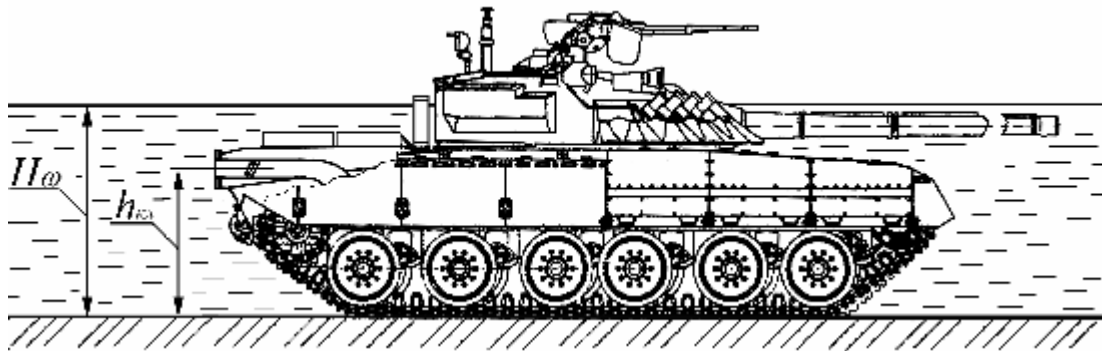


Рис. 1. Преодоление танком водной преграды

Кроме этого, в результате увеличения противодавления на выпуске нарушается образование горючей смеси в цилиндрах двигателя по причине увеличения доли остаточных газов и ухудшения наполнения цилиндров.

В результате действительное количество воздуха, поступившее в цилиндр за период наполнения, не равно тому количеству воздуха, которое поступает в цилиндр двигателя при нормальных условиях. В двигателе с наддувом давление свежего заряда  $\rho_{\text{к}}$  больше давления окружающей среды  $\rho_{\text{атм}}$ , так как воздух предварительно сжимается нагнетателем.

К моменту закрытия продувочных окон давление в цилиндре обычно меньше давления продувочного воздуха из-за сопротивления продувочных агрегатов, но больше давления в выпускном патрубке  $\rho_{\text{атм}}$ .

В случае если  $\rho_{\text{атм}} \geq \rho_{\text{к}}$  то остаточные газы имеют давление  $\rho_{\text{г}}$ , превышающее давление свежего заряда  $\rho_{\text{к}}$ .

Вследствие того, что остаточные газы занимают некоторую часть объёма цилиндра, количество свежего заряда, которое может поступить в цилиндр, уменьшается.

Как известно, влияние отработавших газов на наполнение цилиндра характеризуется коэффициентом остаточных газов  $\gamma_{ост}$ , представляющего собой отношение количества остаточных газов к количеству свежего заряда [ 3 ]:

$$\gamma_{ост} = \frac{M_{Г}}{M_1}, \quad (5)$$

где  $M_{Г}$  – количество остаточных газов;  $M_1$  – количество свежего заряда.

Для двухтактных двигателей в зависимости от системы продувки этот коэффициент может быть в пределах 0,03...0,4. У форсированных двухтактных двигателей семейства 5ТД и 6ТД, которыми оснащены танки Т-64, Т-80УД, Т-84 и БМ «ОПЛОТ», коэффициент остаточных газов  $\gamma_{ост}$  составляет 0,05 [ 1 ].

Давление остаточных газов влияет на плотность остаточных газов в данном объеме цилиндра и, следовательно, увеличение  $\rho_{Г}$  вызывает одновременное увеличение коэффициента остаточных газов  $\gamma_{ост}$ .

В двухтактных двигателях семейства 5ТД и 6ТД время протекания процессов газообмена ограничено периодами открытого состояния выпускных и впускных окон при движении поршня вблизи наружной мертвой точки. Для того чтобы в условиях ограниченного времени и отсутствия насосного действия поршня обеспечить удовлетворительное протекание процессов газообмена, наполнение и очистка цилиндра двухтактного двигателя осуществляется воздухом, предварительно сжатым нагнетателем. Наполнение цилиндра свежим зарядом при одновременном вытеснении отработавших газов называется продувкой цилиндра, которая характеризуется коэффициентом наполнения цилиндров двигателя  $\eta_V$ , который является отношением действительного количества свежего заряда, поступившего в цилиндр двигателя, к количеству свежего заряда, которое может поступить в рабочий объем цилиндра двигателя при условиях окружающей среды.

Незначительное уменьшение коэффициента наполнения цилиндров двигателя, в результате увеличения разрежения на входе, практически не приводит к снижению мощности

Для двухтактного двигателя с наддувом:

$$\eta_V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{\rho_a}{\rho_k} \cdot \frac{T_k}{T_a (1 + \gamma_{ост})}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon$  – степень сжатия;  $\rho_a$  – давление свежего заряда в конце впуска, Па;  $\rho_k$  – давление свежего заряда на выходе из нагнетателя, Па;  $T_a$  – температура свежего заряда в конце впуска, °С;  $T_k$  – температура свежего заряда на выходе из нагнетателя, °С.

Как следует из уравнения, величина коэффициента наполнения  $\eta_V$ , качественно характеризующего процесс впуска, обратно пропорциональна коэффициенту остаточных газов  $\gamma_{ост}$  и температуре свежего заряда в конце впуска  $T_a$ . Кроме того, в случае если значения остальных величин уравнения неизменны, то определяющими факторами процесса впуска являются коэффициент остаточных газов  $\gamma_{ост}$  и температура свежего заряда в конце впуска  $T_a$ . Температура свежего заряда в конце впуска  $T_a$  в свою очередь является функцией температуры и количества остаточных газов и определяется из уравнения

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T + \gamma_{ост} + T_{\Gamma}}{1 + \gamma_{ост}}, \quad (7)$$

где  $\Delta T$  – температура подогрева свежего заряда в конце впуска, °С;  $T_{\Gamma}$  – температура остаточных газов, °С.

Температура свежего заряда в конце впуска растет при увеличении коэффициента остаточных газов  $\gamma_{ост}$  и температуры подогрева свежего заряда в конце впуска  $\Delta T$ , вследствие чего уменьшается плотность поступающего свежего заряда.

Все эти факторы оказывают отрицательное влияние на пусковые свойства двигателя.

Для изучения процесса пуска двигателя при повышенном противодавлении на выпуске в Казенном предприятии Харьковское конструкторское бюро по машиностроению (КП ХКБМ) им. А. А. Морозова проведены исследования пусков двигателя БТД-2 танка Т-84 с имитацией преодоления танком водной преграды по дну.

Работы проводились для получения закономерности их протекания, выявления факторов, влияющих на пусковые качества двигателя и разработки мероприятий, которые могли бы обеспечить надежные пуски двигателя с повышенным противодавлением на выпуске при преодолении водной преграды и реально существующем сопротивлении трасы воздухопитания.

Конструкция оборудования для подводного вождения танка Т-84 позволяет, в зависимости от глубины водных преграды, преодолевать их по дну двумя способами,

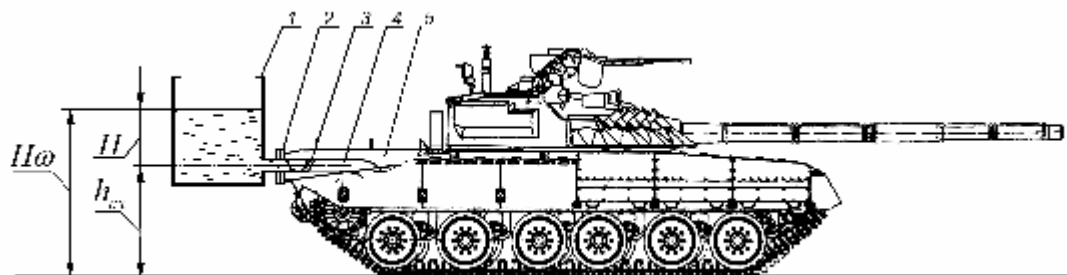
Водную преграду глубиной до 1,8 м танк Т-84 может преодолевать вброд, т.е. с частичным погружением. При этом проведение каких-либо работ по подготовке танка или установке дополнительного съемного оборудования не требуется.

Для преодоления водной преграды глубиной до 5 м, во время которого танк полностью погружается в воду, проводятся работы по герметизации корпуса и башни танка, установке дополнительного съемного оборудования для подводного вождения, включающего в себя воздухопитающую и выхлопную трубы.

Во время испытаний, которые проводились на комплексном стенде КП ХКБМ, предназначенном для нагрузочных испытаний силовых установок машин специального назначения, была проведена работа по исследованию пусковых качеств двигателя с имитацией условий преодоления танком водной преграды вброд. Это условие было выбрано по причине того, что наиболее неблагоприятные факторы, влияющие как на работу, так и на пусковые свойства двигателя возникают при преодолении танком брода, что обусловлено конструкцией самой силовой установки, и в частности особенностями воздухопитающей и выпускной систем. Кроме этого, выпуск отработавших газов производится в воду, что также повышает противодавление на выпуске. В то время, как при преодолении танком водной преграды глубиной более 5 м на танк устанавливается выхлопная труба, которая исключает возникновение дополнительных внешних факторов, влияющих на рабочие характеристики двигателя, а именно противодавления на выпуске, т.к. выпуск отработавших газов производится в атмосферу.

Для имитации условий преодоления танком брода было выполнено следующее:

- вместо двухтарельчатого клапана ресивера в газоходе установлена технологическая заглушка;
- забор воздуха в двигатель производился через штатное установленное на танке воздухозаборное устройство;
- к фланцу обводного газохода 2 подсоединен технологический бак 1 с переменным уровнем воды (рис. 2).



1- технологический бак; 2 – фланец обводного газохода; 3 – клапан обводного газохода; 4 – обводной газоход; 5 – крыша моторно-трансмиссионного отделения

Рис. 2. Имитация преодоления танком водной преграды по дну

Имитация различных глубин брода производилась изменением уровня воды в технологическом баке 1.

С целью исключения влияния на результаты испытаний переменных характеристик систем силовой установки перед всеми пусками соблюдались следующие условия:

- постоянный уровень напряжения в электрической сети танка при пусках, для чего аккумуляторные батареи во время испытаний были подключены к зарядному устройству;

- постоянное начальное давление воздуха в системе сжатого воздуха 140... 145 МПа.

В ходе проведения испытаний опрашивались следующие параметры силовой установки:

- частота вращения вала двигателя  $n_{дв}$ ;
- сопротивление на впуске  $H_{во}$ , измеряемое в воздухоочистителе,
- давление на выходе из нагнетателя двигателя  $\rho_k$ ;
- противодействие на выпуске  $\rho_r$ .

На танке Т-84 установлены две системы пуска двигателя: электрическая (электростартером) и пневматическая (сжатым воздухом). Каждая из систем может применяться независимо одна от другой или одновременно, поэтому пуск двигателя танка Т-84 может быть осуществлен тремя способами:

- пуск электростартером;
- пуск сжатым воздухом;
- комбинированный пуск - одновременный пуск электростартером и сжатым воздухом.

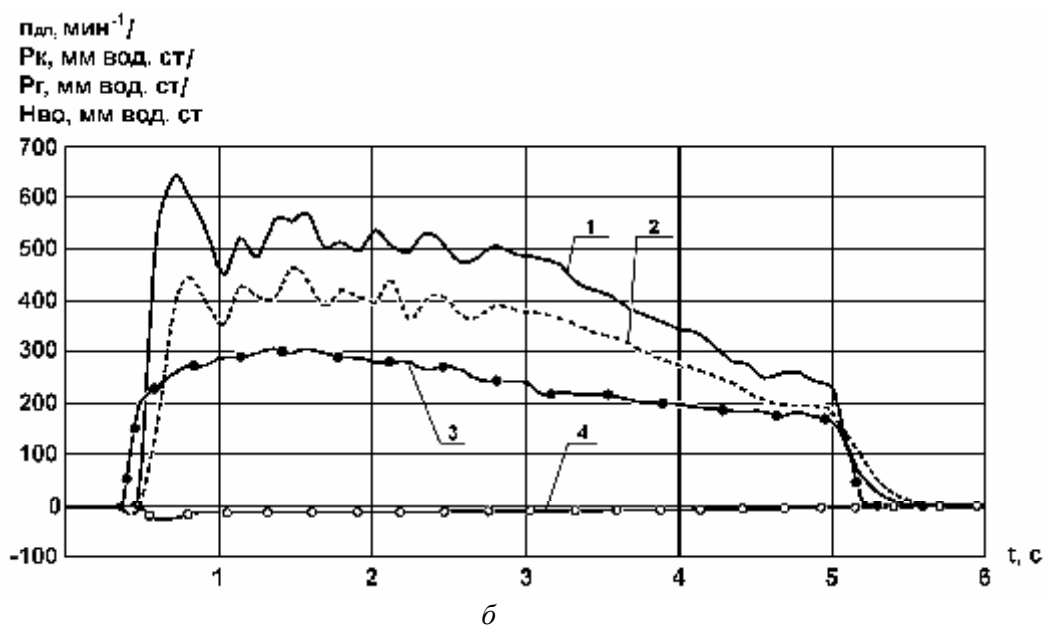
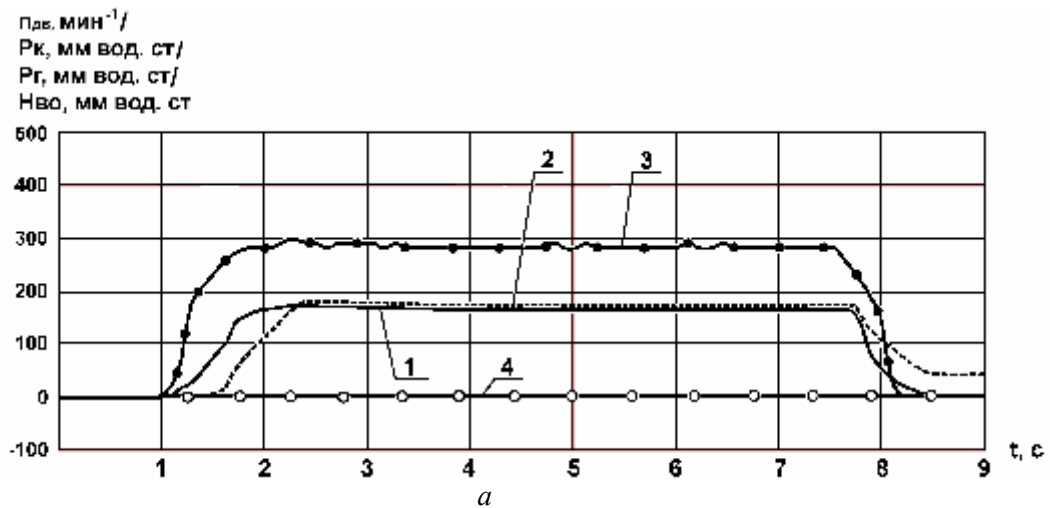
Для определения наиболее надежного способа пуска двигателя при преодолении водной преграды, а также определения исходных параметров силовой установки были произведены прокрутки - вращение колен валов без подачи топлива. Следует отметить, что для удобства сопоставления уровня воды в технологическом баке с величинами противодействия на выпуске и давления после нагнетателя последние будут приводиться в размерности «мм водяного столба».

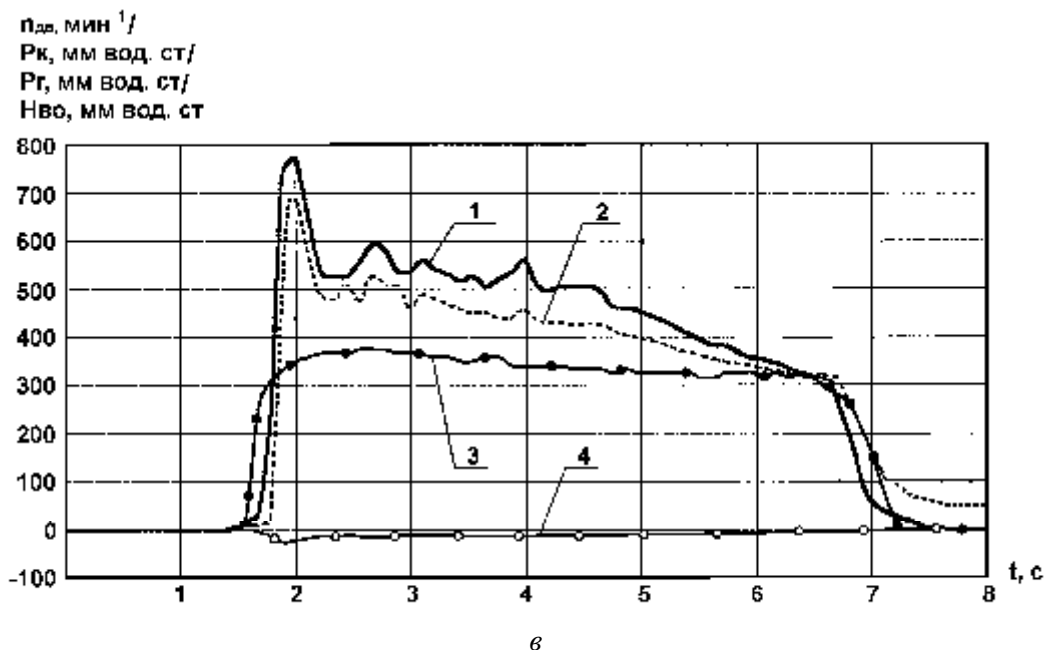
В результате этих прокруток были получены следующие результаты при имитации глубины водной преграды ( $H_w$ ) 1,8м (уровень воды в технологическом баке ( $H$ ) выше оси обводного газохода на 500мм) (рис.2):

- при прокрутке электростартером частота вращения коленвалов  $n_{дв}$  составляла 280...300 мин<sup>-1</sup>. Величины противодействия  $\rho_r$  и давления после нагнетателя  $\rho_k$  имели примерно одинаковые значения 160... 170 мм вод. ст. (рис. 3а), что свидетельствует о недостаточности энергии выходящего воздуха для открытия клапана обводного газохода, на который давит столб воды высотой 500мм;

- при прокрутке коленвалов двигателя сжатым воздухом частота вращения коленвалов  $n_{дв}$  достигла значения 308 мин<sup>-1</sup> и затем через 4,5 с снизилась до величины 180 мин<sup>-1</sup> по мере уменьшения давления сжатого воздуха в баллонах. Противодействие  $\rho_{г}$  было выше, чем при прокрутке электростартером: в начальный момент его величина составила пиковое значение 642 мм вод. ст., что несколько выше давления воды на клапан обводного газохода. При данной прокрутке на поверхности воды в технологическом баке наблюдался выход воздуха. Изменение давления после нагнетателя  $\rho_{к}$  носило аналогичный давлению  $\rho_{г}$  характер, но его величина была меньше на 200 мм вод. ст. в начале прокрутки и на 50 мм вод. ст. в конце (рис. 3б);

- при прокрутке комбинированным способом параметры  $n_{дв}$ ,  $\rho_{г}$  и  $\rho_{к}$  достигли наибольших значений по сравнению с двумя предыдущими опытами: максимальная величина  $n_{дв}$  составляет 375 мин<sup>-1</sup>,  $\rho_{г}$  и  $\rho_{к}$  имеют начальные пиковые значения 770 мм вод. ст. и 660 мм вод. ст. соответственно, а затем в течение 2-х секунд их величины удерживались в диапазонах 580...530 мм вод. ст. для  $\rho_{г}$  и 500...430 мм вод. ст. для  $\rho_{к}$ . В конце пуска их значения уравнились и составили 300 мм вод. ст. (рис. 3в). В начале прокрутки, как и в предыдущем опыте, на поверхности воды в технологическом баке наблюдался выход воздуха.





1 - характеристика противодействия на выпуске  $p_r$ . 2 - характеристика давления после нагнетателя двигателя  $p_k$ ; 3 - характеристика частоты вращения вала двигателя  $n_{дв}$ ; 4 - характеристика сопротивления на впуске  $H_{во}$ , измеряемое в воздухоочистителе

Рис. 3. Изменения параметров силовой установки при прокрутках двигателя:  
 а – при прокрутках коленвалов двигателя электростартером; б – при прокрутках коленвалов двигателя сжатым воздухом; в – при прокрутках коленвалов двигателя комбинированным способом.

Как показали прокрутки коленвалов двигателя тремя способами пуска без подачи топлива, пуск двигателя под водой в режиме «Брод» от электростартера не может быть осуществлен даже при глубине брода 1,5 м (давление на клапан обводного газохода 200 мм. вод. ст.), а комбинированный способ пуска значительно эффективнее, чем пуск от системы воздухопуска.

Поэтому при дальнейших испытаниях все пуски двигателя, с имитацией различной глубины преодолеваемого брода, выполнялись комбинированным способом.

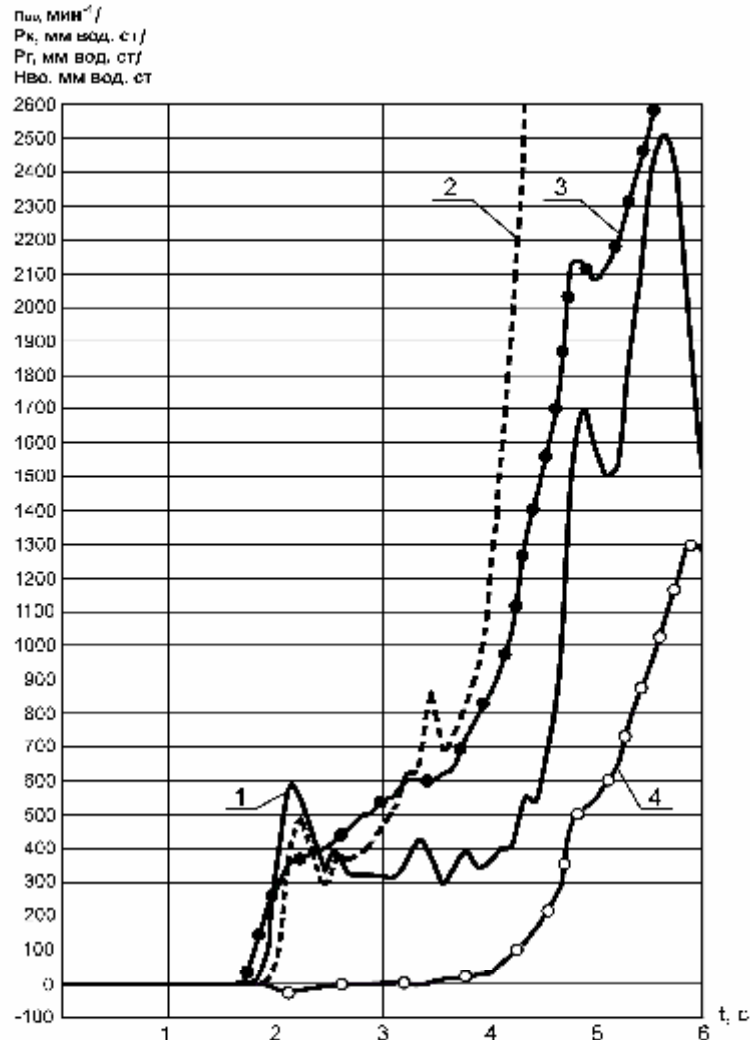
Последующие опыты по пуску двигателя комбинированным способом, при которых имитировались различные глубины брода ( $H_w$ ) путем изменением уровня воды в технологическом баке ( $H$ ) (рис. 2), показали, что уменьшение давления воды на клапан обводного газохода повышает пусковую частоту вращения коленвалов двигателя, при которой давление наддува  $p_k$  начинает превышать давление на выпуске  $p_r$ . Это приводит к более интенсивным вспышкам в цилиндрах двигателя.

В качестве иллюстрации вышесказанного на рис. 4 приведены изменения параметров при удавшемся комбинированном пуске с имитацией брода глубиной 1,5 м. В начале данного опыта давление  $p_r$  составляло 600...400 мм вод. ст., что оказалось достаточным для открытия клапана обводного газохода и продавливания выпускными газами столба воды высотой 200 мм. Таким образом, в результате организации в цилиндрах двигателя нормального процесса газообмена произошло воспламенение газовой смеси и был осуществлен пуск двигателя.

При анализе результатов данных испытаний отмечено, что величина частоты вращения коленвалов двигателя зависит от исходного давления и количества сжатого воздуха – чем выше давление сжатого воздуха, тем выше пусковая частота вращения



коленвалов, кроме того, чем больший объём количество сжатого воздуха, тем продолжительнее поддержание высокой частоты вращения коленвалов двигателя при пуске. Следовательно, для обеспечения стабильных пусков двигателя при глубине брода 1,5...1,8 м существует необходимость увеличения ёмкости баллонов, а также проведения оптимизации работы воздухораспределителя системы воздухопуска .



1 - характеристика противоадавления на выпуске  $p_g$ ; 2 - характеристика адавления после нагнетача двигателя  $p_k$ ; 3 - характеристика частоты вращения вала двигателя  $n_{дв}$ ; 4 - характеристика сопротивления на впуске  $H_{во}$ , измеряемое в воздухоочистителе

Рис. 4. Изменения параметров силовой установки при комбинированном способе пуску двигателя, с имитацией брода глубиной 1,5м

**Выводы.** В результате приведенных в статье теоретических и практических исследований определены факторы, влияющие на пусковые качества двигателя при повышенном противоадавлении на выпуске, в частности при преодолении танком водной преграды вброд. Также определены оптимальные пути для дальнейших исследований и разработки конструктивных мероприятий по повышению пусковых качеств силовых установок танков с двигателями семейства 5ТД и 6ТД.

По результатам исследований могут быть выполнены конструкторские разработки и исследования систем, обеспечивающих надежные пуски двигателя при повышенном противодавлении на выпуске и внедрении их на опытных образцах. В частности, предложить усовершенствование системы воздухопуска с применением воздухораспределителя, имеющего двухфазную подачу сжатого воздуха в цилиндры: на такте сжатия - в первой фазе и на такте расширения - во второй фазе, что повысит пусковые характеристики танковых двигателей.

**Литература:** 1. Марченко А.П., Рязанцев Н.К., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т. 1. Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин/ За ред. Проф. А.П. Марченка та засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова. – Харків: Прапор, 2004.- 384с. 2. Рязанцев Н.К. Конструкция форсированных двигателей наземных транспортных машин. Учебное пособие. Часть 1. – Харьков: ІСДО, 1999.- 252с. 3. Рязанцев Н.К. Конструкция форсированных двигателей наземных транспортных машин. Учебное пособие. Часть 2. – Харьков: ІСДО, 1999.- 388с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Marchenko A.P., Rjazancev N.K., Shehovcov A.F. Dviguni vnutrishn'ogo zgorjannja: Serija pidruchnikiv u 6 tomah. T. 1. Rozrobka konstrukcij forsova-nih dviguniv nazemnyh transportnih mashin/ Za red. Prof. A.P. Marchenka ta zasl. dijacha nauki Ukraїni prof. A.F. Shehovcova. – Harkiv, Prapor, 2004.- 384s. 2. Rjazancev N.K. Konstrukcija forsirovannyh dvigatelej nazemnyh transportnyh mashin. Uchebnoe posobie. Chast' 1. – Har'kov: ISDO, 1999.- 252s. 3. Rjazancev N.K. Konstrukcija forsirovannyh dvigatelej nazemnyh transportnyh mashin. Uchebnoe posobie. Chast' 2. – Har'kov: ISDO, 1999.- 388s.

Вакуленко В.В., Возгрін Ю.В., Іванов Ю.П., Кузьмінський В.А., Лазурко О.В.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПУСКІВ ДВИГУНА  
З ПІДВИЩЕНИМ ПРОТИТИСКОМ НА ВИПУСКУ.**

В статті проведено теоретичне та експериментальне дослідження пусків двигуна з підвищеним протитиском на випуску, зокрема при подоланні танком водної перешкоди по дну.

За результатами досліджень можуть бути визначені оптимальні шляхи для розробки і подальших досліджень конструктивних заходів поліпшення пускових характеристик двигуна з підвищеним протитиском на випуску.

Vakulenko V.V., Vozgrin Yu.V., Ivanov Yu. P., Kuzminsky V.A., Lazurko O.V.

**ENGINE START STUDY WITH INCREASED EXHAUST BACK PRESSURE**

In the paper presented were theoretical and experimental studies of engine starts with an increased exhaust back pressure and, particularly, during tank negotiation under water.

Results of studies made it possible to find optimal lines for development and further studies of design item actions for improvement of starting capabilities for tank power packs completed with the 5TD and 6TD engine family.

---