

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БРОНИРОВАННОГО ТРАКТОРА ДЛЯ ЖАРКИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

DESIGN CHARACTERISTICS OF AN ARMORED TRACTOR FOR HOT CLIMATE

А.Г. СЕМЕНОВ, к.т.н.

Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
agentnomer117@meil.ru

A.G. SEMENOV, PhD in Engineering

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia, agentnomer117@meil.ru

В статье рассматриваются вопросы, относящиеся к области тракторостроения, конкретно – к гусеничным и колесным тракторам, снабженным различным навесным оборудованием, которые выполняют землеройные, погрузочные, транспортные и другие работы в промышленном и дорожном строительстве в особых условиях, требующих дополнительного охлаждения силового отделения и защиты оператора и основных узлов машины от воздействия пуль и осколков. Далеко не все серийные тракторы и машины на их базе (в том числе инженерные) пригодны для эксплуатации в специфических условиях государств с жарким климатом, к тому же в условиях войны или ее последствий (невыявленные и ненейтрализованные мины, неразорвавшиеся снаряды и т.д.). Целью работы является увязка известных мероприятий по усилению штатной системы охлаждения подкапотной моторной установки бронированного трактора с его броневой защитой, исключив, как минимум, негативные последствия таких «теплотехнических рецептов» для эксплуатационной безопасности, прежде всего, тракториста, и тем самым улучшить технико-эксплуатационные характеристики бронированного трактора. Заявленные предложения позволяют повысить технико-эксплуатационные характеристики бронированного трактора за счет использования такого взаимного расположения рассматриваемых составных частей трактора (кабину с рабочим местом оператора, силовое отделение, ограниченное капотом, и теплообменный люк), при котором максимально соблюдены такие требования, как обзорность из кабины, защита кабины от средств поражения, попадающих в крышку. Полученные результаты представляются достаточным основанием для оптимистичного прогноза внедрения данной разработки в существующий технологический уклад отечественной экономики.

Ключевые слова: трактор, инженерная машина на базе трактора, бронирование, система охлаждения, противопульная и противоосколочная защита, рикошет.

The article discusses issues related to the field of tractor construction, specifically to tracked and wheeled tractors equipped with various attachments that perform earthmoving, loading, transport and other works in industrial and road construction in special conditions that require additional cooling of the power compartment and protection of the operator and the main components of the machinery from the bullets and shrapnel. Not every serial tractor and machinery based on it (including the engineering ones) is suitable for operation in the special conditions of countries with hot climates, especially in conditions of war or its consequences (undetected and not neutralized mines, unexploded bombs, etc.). The aim of the work is to link the known measures of strengthening the standard cooling system of the engine compartment of an armored tractor with its armor protection, excluding, at least, the negative consequences of such “heat engineering recipes” for the operational safety of the tractor driver mainly, and thereby improve the technical and operational characteristics of armored tractor. The proposed options make it possible to improve the technical and operational characteristics of the armored tractor through the use of such arrangement of the considered components of the tractor (the cabin with operator's workplace, the power compartment, limited by the hood, and the heat exchange hatch), that allow to meet the maximum requirements, which are a visibility from the cabin and protection of the cabine from weapons that fall into the cover. The results obtained seem to be a sufficient basis for an optimistic forecast of the implementation of this development in the existing technological structure of the domestic economy.

Keywords: tractor, tractor-based engineering vehicle, armoring, cooling system, anti-bullet and anti-fragmentation protection, ricochet.

Введение

Статья относится к области тракторостроения, конкретно – к гусеничным и колесным тракторам, и связана с комплексной проблемой обеспечения теплового режима и пассивной защиты от средств поражения (пуль и осколков).

Далеко не все трактора и машины на их базе (в том числе инженерные) пригодны для эксплуатации в специфических условиях государств с жарким климатом, к тому же в условиях войны и ее последствий (невыведенные и ненейтрализованные мины, неразорвавшиеся снаряды и т.д.). Это – серьезная проблема. И пример ее актуальности – ситуация в Сирии и ряде других «горячих точек». Поэтому приемлемые технико-эксплуатационные характеристики обеспечивают если не изначально заложенными в конструкцию нового трактора техническими решениями, то путем модернизации тех или иных серийных изделий.

Несколько слов о базовом изделии и его аналогах.

Пример промышленных гусеничных тракторов с бронезащитой – Caterpillar (США), а также D9L АОИ, D9N АОИ, D9R и D7R-II (Израиль) [1–3].

На перечисленных изделиях установлены бронированные кабины и капоты, ограждающие моторные установки. На боковых стенках капотов размещены створки с планками жалюзи или участками перфорации, которые откидываются или снимаются для доступа к узлам моторных установок для их обслуживания и монтажа-демонтажа при ремонте. Другое назначение створок – обеспечить поступление наружного воздуха в подкапотное пространство для охлаждения двигателя.

В числе аналогов в «параллельном автомобильном мире» интересно устройство для бронирования моторного отсека автомобиля, выполненное в виде коробчатой пространственной конструкции в форме, максимально приближенной к габаритам подкапотного пространства. Оно расположено внутри подкапотного пространства и крепится к раме автомобиля, при этом передняя его часть выполнена в виде жалюзи, с интегрированными элементами для крепления к оперению автомобиля, при этом передняя панель устройства, выполнена в виде жалюзи и является радиаторной решеткой [4].

В описанных выше устройствах удовлетворительная работа силовой установки в экс-

тремальных условиях с температурой воздуха выше 40 °С, что характерно при применении трактора или других машин в южных широтах, является задачей сложно выполнимой. Приходится или снимать полностью створки, складывая их на хранение, чтобы установить вновь при изменении условий работы, или откидывать их на петлях. Но в последнем варианте исключается возможность работы трактора в условиях его обстрела из стрелкового оружия и воздействия осколков гранат, снарядов, бомб и т.д. Кроме того, откинутые створки значительно выступают за габарит капота и перекрывают поле зрения оператора, необходимое для управления рабочим оборудованием.

Еще больший интерес под углом представляемой разработки представляет конструкция бронированного трактора – уже упомянутого бульдозера D9R [1, 2], капот которого выполнен с большими по площади планками жалюзи на боковых стенках, что снижает уровень его защиты.

За базовый объект при разработке принят бронированный трактор с рабочим оборудованием, который включает кабину с рабочим местом оператора, силовое отделение, ограниченное капотом с передней решеткой, боковыми стенками, крышей, воздухозаборными отверстиями для подачи воздуха в подкапотное пространство, теплообменным люком с откидываемой броневой крышкой на крыше капота перед кабиной с возможностью ее фиксируемого откидывания вверх-вперед на угол α , обеспечивающим положение верхней кромки крышки ниже зоны обзора, определяемой вертикальным углом β поля зрения оператора, который необходим для управления рабочим оборудованием [5].

Базовый проект защищает модернизацию системы обеспечения теплового режима моторной установки трактора. Однако авторы базовой разработки, как следует из содержания описания устройства и функционирования, не соотносят с другой обозначенной выше ключевой проблемой – броневой защиты. Замалчивание не может остаться незамеченным. Да, организация дополнительного «сравливающего тепло» люка в крыше капота позволяет несколько усилить броневую защиту стенок капота путем уменьшения площади планок жалюзи на боковых стенках. Но фраза «без снижения уровня защиты при обстреле трактора» в описании прототипа, к сожалению, остается частично

декларативной, недостаточно обоснованной, при всей несомненной полезности предложений. В результате, рекомендации в описании прототипа по геометрическим характеристикам конструкции могут усугубить ситуацию с необходимостью обеспечения защиты трактора (и оператора в кабине в особенности) от указанных средств поражения. Здесь имеется в виду вероятность рикошета средств поражения (пуль, осколков и т.д.) от ключевого конструктивного элемента, согласно сути модернизации, а именно от откидываемой броневой крышки теплообменного люка в ее поднятом рабочем положении, в кабину. Кабина же является наиболее уязвимым местом на бронированном тракторе, поскольку стеклянное бронирование проблематичнее металлического или композитного бронирования. Это обуславливает еще недостаточно высокие технико-эксплуатационные характеристики трактора.

Цель исследований

Увязать известные мероприятия по усилению штатной системы охлаждения подкапотной моторной установки бронированного трактора с его броневой защитой, исключив, как минимум, негативные последствия «теплотехнических рецептов» для эксплуатационной безопасности в первую очередь тракториста, и тем самым улучшить технико-эксплуатационные характеристики бронированного трактора.

Материалы и методы

Исходные материалы включают в себя конструктивные предложения (результаты интеллектуальной деятельности) коллег из ООО «Челябинский тракторный завод – УРАЛТРАК», которые изложены ими в описании к патенту [5].

Использованные в исследовании методы: теоретические (расчет, синтез, абстрагирование, обобщение, дедукция, аналогия) и эмпирические (описание, сравнение).

Результаты и обсуждение

Перейдем к самим авторским предложениям по устранению отмеченных недостатков объекта, выбранного за базовый.

Бронированный трактор с рабочим оборудованием содержит (рис. 1, 2) кабину 1 с рабочим местом оператора 2 (условно представлен «глазом», согласно правилам изображения оптических схем), силовое отделение 3, ограни-

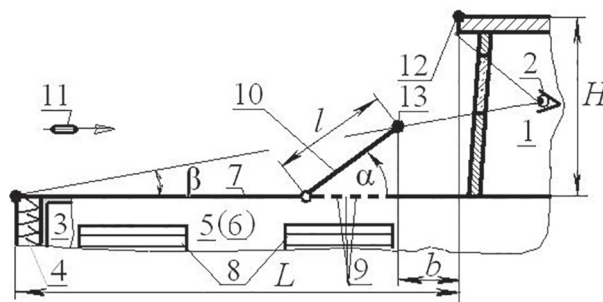


Рис. 1. Передняя часть трактора, вид сбоку:
 H – возвышение верхней передней кромки кабины над крышей капота; L – условная длина крышки капота (до проекции точки К передней верхней кромки кабины на крышку капота); b – расстояние между проекциями на крышу капота верхней передней кромки кабины и верхней кромки поднятой броневой крышки теплообменного люка; l – длина упомянутой броневой крышки; α – угол наклона (откидывания) броневой крышки люка в рабочем ее положении; β – угол, характеризующий обзорность из кабины, конкретно нижнюю границу зоны видимости перед трактором

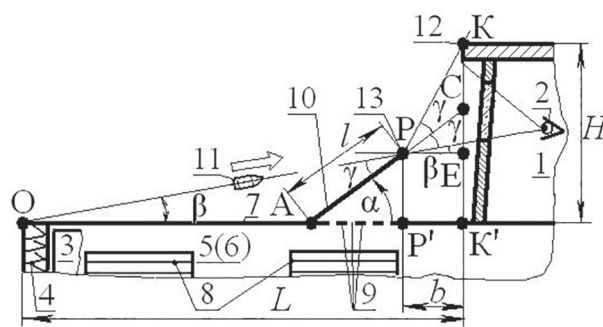


Рис. 2. Расчетная схема, совмещенная по условиям обеспечения заданной зоны видимости и обеспечения защиты кабины от рикошетируемых от крышки средств поражения, вид сбоку:
 O, K, A, P, E, C, P', K' – характерные точки; γ – угол попадания средства поражения по траектории OP

ченное капотом с передней решеткой 4, боковыми стенками (левой 5 и правой 6), крышей 7, воздухозаборными отверстиями 8 для подачи воздуха в подкапотное пространство, теплообменным люком 9 с откидываемой броневой крышкой 10 на крыше 7 капота перед кабиной 1.

Предусмотрена возможность фиксируемого откидывания крышки 10 вверх-вперед на угол α , обеспечивающий положение верхней кромки крышки ниже зоны обзора, которая определяется вертикальным углом β поля зрения оператора 2, необходимым для управления рабочим оборудованием (перед решеткой 4; не показано).

В тракторе дополнительно предусмотрено ограничение (т.е. второе ограничение) угла α откидываемой броневой крышки 10, по условию безопасного рикошета средств поражения 11 от нее в пространство перед кабиной 1 (пространство левее от изображенной на рис. 2 «критической» траектории отрекошетированного средства 11) в соответствии с геометрическим соотношением (1):

$$(H - b \cdot \operatorname{tg}(2\alpha - \beta)) \cdot (l \cdot \sin \alpha^{-1}) \geq 1, \quad (1)$$

где H – возвышение верхней передней кромки 12 кабины 1 над крышей 7 капота; b – расстояние между проекциями на крышу 7 капота верхней передней кромки 12 кабины 1 и верхней кромки 13 поднятой крышки 10; l – длина крышки 10.

В частном, рекомендуемом как оптимальный, случае (примере), в уже охарактеризованном выше тракторе заложено комплексное ограничение угла α по обоим условиям, а именно по расположению крышки 10 вне упомянутой зоны обзора (β) и сформулированной гарантии безопасного рикошета средств поражения 11 от нее, подчиненное геометрическому условию (2):

$$\alpha \geq 0,5 \cdot (\beta + \operatorname{arctg}(b^{-1} \cdot (H - (L - b) \cdot \operatorname{tg} \beta))), \quad (2)$$

где L – длина крыши 7 капота.

Рассмотрим, как функционирует устройство.

При работе силовой установки, когда открыта откидываемая крышка 10 люка 9, в подкапотное пространство поступает дополнительный воздушный поток, улучшая там тепловой режим (в частности, снижая температуру воды и масла в двигателе трактора), повышается надежность нормальной работы системы охлаждения силовой установки в экстремальных условиях (при высоких температурах окружающего воздуха – выше 40 °С).

При рекомендуемой по формуле (1) компоновке и величине угла α откидывания крышки 10 в рабочем ее положении, которая (формула) включает в себя изначальное требование неэкранирования зоны видимости рабочего оборудования трактора из кабины 1 оператором 2, т.е. не сужается угол β , поскольку точка Р остается в положении не выше пограничной линии ОЕ.

Главное же содержание условия (1) заключается в том, что при нем исключается рикошет от любой точки на внешней стороне крышки 10

в кабину средств поражения 11, прилетающих с любого направления в секторе между линиями ОР и КР. Пули, осколки и прочие «нежелательные гости», попадая в крышку 10, рикошетируют вверх или вперед.

При рекомендуемом соотношении (2) «геометрия» (компоновка) рассматриваемых составных частей трактора совпадает для обоих условий: и (1), и (2), что благоприятно для теплотехнической стороны обозначенной комплексной проблемы вследствие обеспечения максимального сечения (а значит и объемного расхода) конвективного потока воздуха через люк 9.

Происхождение (обоснование) условий (1) и (2) – в следующих математических выкладках (с разумно-достаточными сокращениями).

На расчетной схеме (рис. 2) изображен предельно-допустимый случай движения средства поражения 11 (пули, осколка, и т.д.) под углом минус β по касательной к точке О с последующим отрекошетированием от крышки 10 в точке Р по касательной к точке К на передней верхней кромке кабины 1 в общем с крышкой 10 вертикальном продольном сечении, причем, при максимально-допустимой по высоте точке Р из условия неэкранирования обзорности. Явление рикошета подразумевает равенство углов падения и отражения в точке Р (угол γ). Все это определяет ключевой конструктивный показатель – угол α установки (откидывания) крышки 10 в рабочем ее положении.

Из треугольников АРР', РКЕ и прямоугольника РР'К'Е получаем:

$$H = l \cdot \sin \alpha + b \cdot \operatorname{tg}(\beta + 2 \cdot \gamma). \quad (3)$$

Все обозначения, используемые в формуле (3) и последующих формулах, пояснены на рис. 2.

С учетом равенства углов ОРА, КРС и СРЕ (это и есть угол γ) и уравнения (3) минимально-необходимое расстояние b между проекциями точек Р и К (точки Р' и К' соответственно) определяется равенством:

$$b = (H - l \cdot \sin \alpha) \cdot (\operatorname{tg}(2 \cdot \alpha - \beta))^{-1}, \quad (4)$$

полезным, если определяют допустимое расстояние b . Угол же α можно определить из этого уравнения (4) численным методом максимум за три итерации или графоаналитически. Крышку 10 можно выполнять (при заданных значениях b и α) длиной l не более (т.е. меньшей или равной) «критической» величины, рассчитанной по формуле (4). Или, при за-

данной по иным, например, компоновочным или теплотехническим, соображениям, можно закладывать в конструкцию рабочий угол α больше расчетного «критического» его значения, разумеется, с уменьшением длины ℓ в соответствии с зависимостью $PP' = l \cdot \sin \alpha$.

В более универсальном виде это и представляем зависимостью (1).

По заложенному и в базовый объект, и в данную конструкцию условию неэкранирования обзорности, длина ℓ не должна превышать величину ℓ_1 :

$$l_1 = ((L - b) \cdot \operatorname{tg} \beta) (\sin \alpha)^{-1}. \quad (5)$$

А по предлагаемому дополнительному условию защищенности кабины l , как вытекает из уравнения (4), длина ℓ не должна превышать величины ℓ_2 :

$$l_2 = (H - b \cdot \operatorname{tg} (2 \cdot \alpha - \beta)) (\sin \alpha)^{-1}. \quad (6)$$

Система уравнений (5) и (6), т.е. их совокупность, определяет количественно заявляемую конструктивную особенность трактора.

Отсюда можно вычленить оптимальное условие для угла α , конкретно α_{opt} (как дополнительный, частный признак), когда $l_1 = l_2 = l$, т.е. когда компоновка обеспечивает максимальное сечение воздушного потока при конвективном теплообмене через люк 9 (изначальное предназначение люка 9 с крышкой 10). Это будет иметь место, очевидно, при равенстве правых частей уравнений (5) и (6), откуда и вытекает условие (2).

В конкретных конструктивных авторских проработках этот угол находится в пределах 45° .

Использование предложения позволяет повысить технико-эксплуатационные характеристики бронированного трактора за счет такого взаимного расположения (компоновки) рассматриваемых составных частей трактора (включая кабину 1 с рабочим местом оператора 2, силовое отделение, ограниченное капотом 7, и теплообменный люк 10), при котором максимально соблюдены требования как обзорности из кабины 1, так и защиты кабины 1 от средств поражения 11, попадающих в крышку 10.

Возможность промышленной реализации предложения очевидна для специалистов в области транспортного машиностроения.

Техническое решение признано изобретением с выдачей патента Российской Федерации на имя Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого [6].

Заключение

Реализация предлагаемых конструктивных решений и конкретных рекомендаций позволяет решить поставленную задачу: увязать известные мероприятия по усилению штатной системы охлаждения подкапотной моторной установки трактора с его броневой защитой (упомянутые конструктивные особенности трактора), исключив, как минимум, негативные последствия таких «теплотехнических рецептов» для обеспечения безопасности работы. И тем самым улучшить характеристики объекта исследования и модернизации с целью адаптации к специфическим, экстремальным эксплуатационным условиям.

Патентная защита разработки свидетельствует о мировом уровне новизны и изобретательском уровне разработки.

Полученные результаты представляются достаточным основанием для оптимистического прогноза внедрения разработки в существующий технологический уклад отечественной экономики.

Литература

1. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Caterpillar_D9; <http://masterok.livejournal.com/2182234.html> (дата обращения 28.12.2019).
2. URL: <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10033667>, стр. 2, раздел D9R Heavy Bulldozer (дата обращения 28.12.2019).
3. URL: <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10033670>, стр. 5 (дата обращения 28.12.2019).
4. Якупов О.Р., Дмитриев В.В., Пирожков С.Д., Ходаков С.М., Хохлов М.В. Устройство для бронирования моторного отсека: патент на полезную модель № 173595 Российская Федерация; опубл. 31.08.2017, Бюл. № 25.
5. Гусев С.А., Кирич П.Ф., Расвский В.И. Бронированный трактор с рабочим оборудованием: патент на полезную модель № 182104 Российская Федерация; опубл. 03.08.2018, Бюл. № 22.
6. Семенов А.Г. Бронированный трактор с рабочим оборудованием: патент на изобретение № 2716304 Российская Федерация; опубл. 11.03.2020, Бюл. № 8.

References

1. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Caterpillar_D9, <http://masterok.livejournal.com/2182234.html> (accessed 28.12.2019).

2. URL: <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10033667> str. 2 razdel D9R Heavy Bulldozer (accessed 28.12.2019).
3. URL: <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10033670> str. 5 (accessed 28.12.2019).
4. Yakupov O.R., Dmitriyev V.V., Pirozhkov S.D., Khodakov S.M., Khokhlov M.V. Ustroystvo dlya bronirovaniya motornogo otseka [Device for armoring the engine compartment]: patent na poleznuyu model' No 173595 Rossiyskaya Federatsiya; opubl. 31.08.2017, Byul. No 25.
5. Gusev S.A., Kirin P.F., Rayevskiy V.I. Bronirovanny traktor s rabochim oborudovaniyem [Armored tractor with working equipment]: patent na poleznuyu model' No 182104 Rossiyskaya Federatsiya; opubl. 03.08.2018, Byul. No 22.
6. Semenov A.G. Bronirovanny traktor s rabochim oborudovaniyem [Armored tractor with working equipment]: patent na izobreteniyе No 2716304 Rossiyskaya Federatsiya; opubl. 11.03.2020, Byul. No 8.