

ПРОБЛЕМА СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНИКИ С ПРОТИВОРАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТОЙ ОПЕРАТОРА И ВОЗМОЖНЫЕ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

С.А. Гусев¹, С.В. Кондаков²

¹ООО «ЧТЗ-УРАЛТРАК», г. Челябинск, Россия,

²Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Все большую актуальность приобретают вопросы, связанные с ликвидацией последствий радиационных аварий и работой с радиоактивными материалами. В статье показаны основные особенности и недостатки применявшихся ранее подходов к решению проблемы создания эффективной техники для работы на радиоактивно зараженной местности, а также ряд основных научно-практических предложений по возможным путям решения указанной проблемы, в том числе на ранней стадии проектирования. Обычно машины для работы на радиоактивно зараженной местности создаются на базе уже существующей техники, которая ранее, как правило, рассматривалась в виде платформы для установки кабины с максимально возможным уровнем противорадиационной защиты, что не гарантирует максимальную эффективность ее применения. Повышение эффективности такой техники, основанное на развитии одного какого-либо параметра (уровень противорадиационной защиты, техническая производительность, тяговое усилие, мощность, скорость, грузоподъемность...) нерационально. Используемые ранее методики расчета и проектирования машин с защитой от гамма-излучения слабо взаимообусловлены и взаимоувязаны между собой, не объединены в единую систему «противорадиационная защита – машина (производительность и затраты) – человек». Предлагается рассмотрение противорадиационной защиты как подсистемы машины в целом, что существенно меняет требования к машине, ее параметрам и конструкции и делает некоторые научные результаты и рекомендации, выработанные общей теорией, неприменимыми к такой технике. Причем чем выше уровень и масса противорадиационной защиты, тем больше ее влияние на базовое шасси и его характеристики. Приведенный в статье системный подход позволяет рассматривать проблему развития машин для работы на радиоактивно зараженной местности и обоснования рациональных параметров противорадиационной защиты оператора комплексно (во взаимосвязи защиты с другими техническими параметрами машин). Результаты исследований дают возможность на стадии предпроектных и проектных работ расчетного определения значений основных параметров техники для работы на конкретной радиоактивно зараженной местности, позволяют повысить эффективность работы машины и защиту оператора от излучений. При этом сокращается время и материальные затраты на проведение НИР и ОКР по созданию такой техники. Ускоряется процесс постановки на производство, освоение новых и совершенствование существующих машин с противорадиационной защитой.

Ключевые слова: научная проблема, методы и методики расчета, эффективность, радиоактивно зараженная местность, противорадиационная защита оператора, предельно допустимая доза, мощность дозы и энергия гамма-излучения, производительность машины, затраты.

Проблема борьбы с радиоактивным загрязнением выдвигается на первый план среди других экологических проблем ввиду ее огромных масштабов и особо опасных последствий (А.В. Яблочков). Сложившаяся в мире ситуация в области образования, использования, обезвреживания, хранения и захоронения радиоактивных отходов ведет к опасному загрязнению окружающей среды, значительному экономическому ущербу и представляет реальную угрозу здоровью современного и будущих поколений [1–10]. Радиационно-дестабилизированных территорий только в Российской Федерации более 1 млн км², на них проживает более 10 млн чел. [5].

В настоящее время Российская Федерация заключила около 100 международных договоров в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности. Эти договоры регулируют международные отношения, связанные с мирным использованием атомной энергии; обменом информа-

Расчет и конструирование

цией о ядерных установках; сотрудничеством в сооружении и эксплуатации АЭС; использованием в мирных целях ядерных материалов, высвобождаемых в результате уничтожения ядерного оружия; транспортированием и хранением ядерного топлива и отходов; обращением с отработавшим ядерным топливом и с безопасностью обращения с радиоактивными отходами; подготовкой специалистов по радиозологии, радиационной безопасности, радиобиологии и смежным наукам [5].

Актуальность проблемы подтверждает ряд документов, концепций и программ, в том числе принятых в РФ:

- основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (утв. приказом Президента РФ 1 марта 2012 г. № Пр-539);

- Федеральный закон от 11 июля 2011 года № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

- перечень программ, утвержденных распоряжением Правительства РФ от 11.11.2010 № 1950-р (темы 10 и 22), в том числе «Преодоление последствий радиационных аварий», срок действия которых продлен до 2020 г.;

- концепция вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения на период до 2030 г., утвержденная 15.07.2014 ГК «Росатом».

Решение этой проблемы требует выполнения большого объема землеройных, дорожно-строительных и других работ на радиоактивно зараженной местности (РЗМ) с широким использованием различной специальной тяжелой техники (бульдозеров, грузовых автомобилей, погрузчиков, экскаваторов, аварийно-спасательных машин и др.). Основное отличие такой техники от серийно выпускаемой состоит в необходимости противорадиационной защиты (ПРЗ) оператора и электронной аппаратуры управления (в том числе у дистанционно управляемых машин), прежде всего от гамма-излучений (ГИ) [9, 11].

ПРЗ существенно влияет на эффективность машины на РЗМ, приводя к следующему противоречию (причем, чем выше уровень ПРЗ, тем значительнее данное противоречие):

- с одной стороны, такая защита позволяет увеличить время работы машины на РЗМ (за счет снижения дозы ГИ, получаемой оператором), тем самым повышая общую эффективность работ;

- с другой стороны, ПРЗ снижает техническую эффективность машины по сравнению с базовой (из-за увеличения массы машины, уменьшения ее технической производительности, скоростей движения, ухудшения эргономических условий работы оператора и т. д.), приводя к необходимости (при выполнении одного и того же объема работ) увеличения времени нахождения машины в зоне работ, соответственно повышая получаемую оператором дозу ГИ.

Очевидно, что ПРЗ должна обеспечивать безопасные условия работы оператора (с уровнем получаемой дозы излучения не выше предельно допустимых доз (ПДД)) [9, 10] при рациональных параметрах машины и ее эффективной работе.

Известные подходы к решению проблемы создания эффективной техники для работы на РЗМ

Ряд известных основных подходов к решению проблемы создания эффективной техники для работы на РЗМ довольно подробно изложен в литературе [8, 9, 12–14].

Выявленные особенности в научно-практическом аппарате создания ранее выпускаемых моделей КГМ для работы на РЗМ приводят к следующим выводам:

1. Основное развитие теории расчета и проектирования машин для работы на РЗМ получила после аварии на ЧАЭС. При этом машины, как правило, рассматривались в виде базы для установки кабины с максимально возможным уровнем ПРЗ, без адекватной оценки влияния защиты от ГИ на изменение функциональных и экономических характеристик [9, 11].

Необходимо рассмотрение ПРЗ как подсистемы машины в целом, что определяет целый ряд специфических требований к защите от ГИ, существенно меняет требования к машине, ее параметрам и конструкции и делает некоторые научные результаты и рекомендации, выработанные общей теорией, неприменимыми к такой технике. Причем чем выше уровень ПРЗ и масса такой защиты, тем больше ее влияние на базовое шасси и его характеристики.

Обычно машины для работы на РЗМ создаются на базе уже существующей техники, при этом сложившийся в практике конструирования уровень массы по классу трактора (основной показатель, определяющий класс трактора и другие основные показатели) для техники с ПРЗ (по сравнению с общей теорией для промышленных тракторов) до 1,5 и более раз выше, а уровень удельной мощности двигателя к этой массе соответственно ниже. Для реализации этой возросшей массы в тяговое усилие необходимо повышение передаточных отношений трансмиссии [9]. Установка ПРЗ на переднерасположенную кабину грузового автомобиля приводит, прежде всего, к значительной дозагрузке (перегрузке) переднего моста, принципиально изменяя сопротивление качению, нагрузки и динамику машины [15–18]. У КГМ существенное увеличение массы за счет ПРЗ без изменения колеи и базы машины соответственно ухудшает подвижность, поворотливость и т. д., у таких машин также обычно значительно (в разы) снижают транспортные и рабочие скорости машины.

Отсутствие достаточных научных обоснований и научно-обоснованных технических решений приводит не только к пониженной эффективности таких агрегатов, неоптимальным их параметрам, но и к серьезным ошибкам в методологии, когда критерии оптимальности и методы, основанные на положениях общей теории, могут оказаться непригодными. Повышение эффективности такой техники, основанное на развитии одного какого-либо параметра (уровень ПРЗ, техническая производительность, тяговое усилие, мощность, скорость, грузоподъемность...), нерационально.

Применявшиеся ранее методики расчета и проектирования машин с защитой от ГИ слабо взаимообусловлены и взаимоувязаны между собой, не объединены в единую систему «ПРЗ – машина (производительность и затраты) – человек», что снижает эффективность разработки и применения таких машин на РЗМ [9, 11, 14].

2. Определение уровня ПРЗ оператора производилось по физико-математической модели защиты, разрабатываемой по чертежно-технической документации, на начальном этапе проектирования по подробной геометрической схеме машины (ГОСТ В26457-85 и др.) [9, 19]. При этом необходимо знать расположение и габаритно-массовые параметры всех основных элементов конструкции машины, материалы, из которых они изготовлены, а также места размещения экипажа. Для расчета другого варианта ПРЗ меняется геометрическая схема (компоновка) и соответственно модель защиты. Таким образом, разработка машины с ПРЗ оператора сводится, по существу, к разработке ряда конструкций на основе опыта и интуиции конструктора, методу проб и ошибок и выбору решения из этого ряда. Такой подход требует значительных трудозатрат и не гарантирует получения оптимального решения.

3. Ранее используемые методики [9, 13, 14, 19] не позволяют оценить уровень защиты оператора без данных по расположению и габаритно-массовым параметрам всех основных металлоемких узлов машины. Эти методики не содержат конкретной информации для построения ПРЗ оператора в части соотношения основных параметров защиты (габаритно-массовых и защитных), увязанных с назначением и компоновкой машины.

4. Применяемые ранее конструкции ПРЗ и технология изготовления защитных кабин имеют целый ряд недостатков как по защите, так и по безопасности их изготовления [9].

Уровень защиты от радиоактивных излучений в районах стыков стенок ниже, чем у самой стенки (так называемый «прострел ГИ» через стык стенки). Это вызвано тем, что в местах стыков отсутствует свинец, являющийся основным элементом защиты, так как он значительно эффективнее стали по ослаблению потока ГИ.

Для трубчатого каркаса при заполнении расплавленным свинцом закрытых полостей в местах переходов и сочленений труб возможно «подстывание» свинца, сужение проходного сечения для протекания жидкого свинца и образование, по мере выхода газов, пустот внутри труб – это недопустимо с точки зрения защиты от радиоактивных излучений. Данный дефект трудно контролировать, выявить и по существу невозможно исправить.

Теплоизоляция, закрепленная на внутренних стенках кабины, является источником накопления радиоактивной пыли внутри кабины вследствие пористости материала теплоизоляции и многочисленных вырезов в ней, связанных с установкой и креплением теплоизоляции на бонках, винтах и установкой различных узлов внутри кабины.

Очевидна необходимость создания новых конструкций и технологий изготовления ПРЗ, направленных в первую очередь на исключение ослабленных по защите от ГИ зон и накопления

Расчет и конструирование

радиоактивной пыли внутри кабины, а также на безопасность проведения работ по созданию защиты от ГИ (например, при заливке панелей кабины свинцом), примеры таких конструкций, предлагаемых авторами, приведены в литературе [9].

5. При оценке уровня ПРЗ на известных установках «Имитатор» и «Арка» [8, 9, 20]:

– есть вероятность необнаружения дефектов защиты, когда ослабленная зона в защите не попадет в зону замера (окажется между шагами измерения – положения источника); влияние таких необнаруженных дефектов может быть принципиальным для защиты оператора, особенно при высоких уровнях защиты от ГИ;

– оперативный контроль качества изготовления кабины и ее отдельных узлов (стенки-панелей и др.) практически неприемлем из-за своей большой трудоемкости; для увеличения точности оценки общего уровня ПРЗ необходимо максимальное количество точек замера.

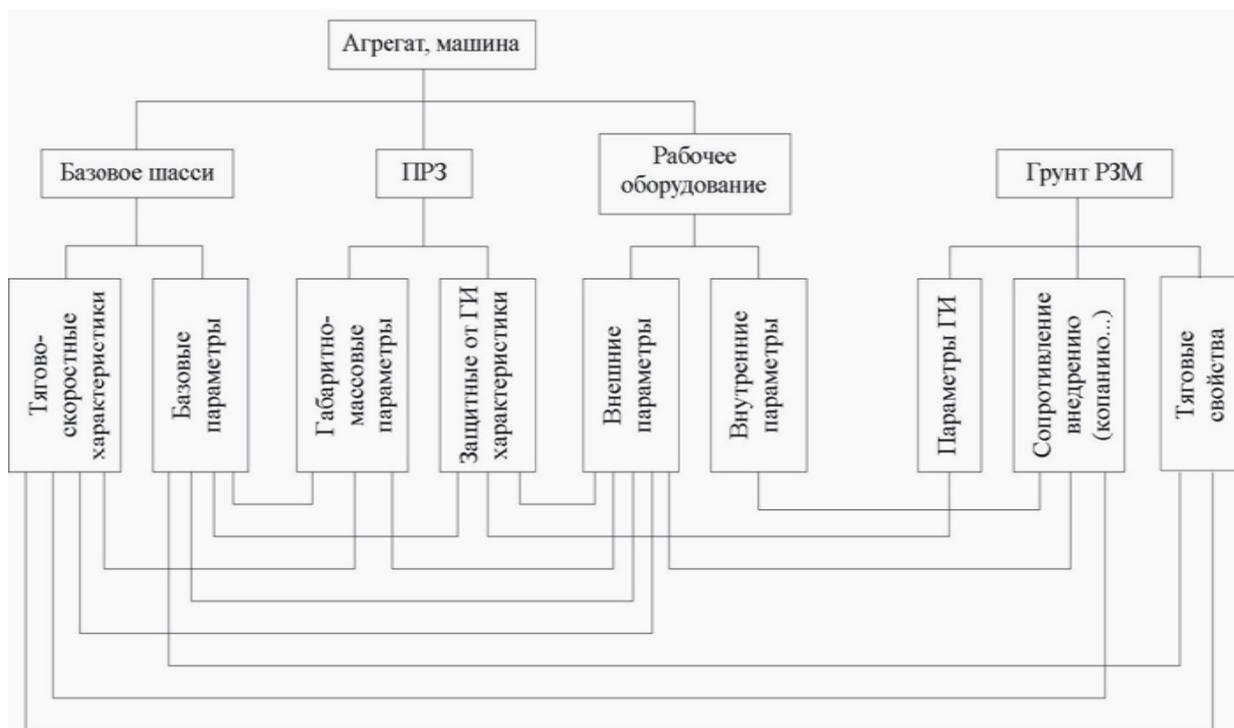
Нужны новые методы контроля оценки уровня и качества ПРЗ, например, на основе плоского (а не точечного) источника ГИ, позволяющего сразу определять и оценивать ослабленные зоны по всей защите проекции [9, 21].

Основные научные положения предлагаемой методологии комплексной оценки работающих на РЗМ машин

1. Основное ограничение при создании машины для работы на РЗМ – обеспечение уровня защиты оператора (ряда оборудования) не ниже заданного нормами – стандартами безопасности по ПДД.

2. Машина с ПРЗ с точки зрения методики расчета – сложная техническая система. Как правило, оценка такой системы (по критерию оптимизации) ведется по максимальной эффективности. В иерархическом ряду задач, стоящих перед разработчиком, эта оценка может осуществляться только в результате совместного решения задач более низкого уровня (расчет необходимой защиты от ГИ базовым шасси, кабиной, рабочим оборудованием; выбор технических параметров машины в зависимости от ПРЗ; оценка эффективности машины для конкретных условий работы и т. д.).

Эффективность машины в общем виде включает в себя две составляющие: результативность и экономичность [9, 18, 22, 23]. В отличие от обычной машины на эти параметры существенно влияет ПРЗ, и чем выше уровень излучения, тем значительнее это влияние. Особенность предлагаемого исследования заключается в рассмотрении ПРЗ как подсистемы машины в целом (рис. 1), влияющей не только на уровень защиты, но и на другие параметры, в том числе на производительность.



Обобщенная структурная схема связей, влияющих на эффективность использования техники на РЗМ

Результативность (производительность) показывает степень достижения поставленной цели, часто выражается в виде технической производительности как объем выполненной работы в единицу времени (например, для бульдозера – в м³/ч разработанного грунта, для погрузчика – в т/ч перемещенного или погруженного груза...).

Производительность является одним из основных критериев эффективности машины и в основном определяется тремя факторами:

– техническими параметрами (тягово-скоростные и массово-габаритные характеристики, показатели подвижности и поворотливости, эргономические параметры и др.) машины и ее состоянием;

– эксплуатационными условиями работы (ограничения, накладываемые участком проведения работ, особенности РЗМ, грунтовые и климатические условия и др.);

– режимами работы (желательно близкими к оптимальным, определяемыми, в том числе, квалификацией оператора) и организацией производства (рациональной организацией работы, например, группы машин, входящих в технологический цикл).

Экономичность отражает расход ресурсов на достижение единицы результата – выполненной работы (расход ГСМ, запчастей, заработная плата оператора, обслуживающего персонала и др.) и обычно выражается в денежном отношении.

Таким образом, эффективность определяется векторными критериями, элементы которого – функции параметров машины и поля РЗМ, а задача оптимизации в общем случае выражается следующей стандартной зависимостью, где максимальная эффективность в общем виде определяется производительностью и приведенными затратами на единицу выполненной работы:

$$\max \mathcal{E} = f(\max \Pi, \min \mathcal{Z}), \quad (1)$$

где $\Pi = f(M, L, B, h_{ц}, T, V, N, D_{\zeta}, D_{v}, H_{po}, B_{po}, t)$ – функция производительности; конструктивные параметры: M – масса (var), L – база, B – колея, $h_{ц}$ – координаты центра масс (var); тягово-цепные параметры: T_i – тяга (var), V_j – скорость (var), N – мощность двигателя, D_{ζ} – тяговый и D_v – скоростной диапазоны МТУ (var); параметры рабочего оборудования: например, у бульдозера – H_{po} – высота (var) и B_{po} (var) – ширина отвала бульдозерного оборудования; t – время работы машины в условиях ГИ (var – в основном определяется характеристиками поля РЗМ и уровнем ПРЗ оператора); общие затраты $\mathcal{Z} = (\mathcal{Z}_w + \mathcal{Z}_э + \mathcal{Z}_z + \mathcal{Z}_o)$, где \mathcal{Z}_w , $\mathcal{Z}_э$, \mathcal{Z}_z (var), \mathcal{Z}_o (var) – соответственно затраты на базовую машину, эксплуатацию, ПРЗ и операторов; var – изменяемый параметр, зависящий от параметров ПРЗ (в первую очередь от уровня и массы защиты), в свою очередь зависящих от характеристик излучения поля РЗМ (в первую очередь от мощности дозы и энергии излучения).

3. Учитывая, что, как правило, специальные машины для работы на РЗМ создаются на базе существующих серийных машин, то задача оптимизации такой специальной машины по зависимости (1) заключается в определении оптимальных изменяемых параметров, на которые влияют параметры ПРЗ. При этом все другие основные базовые параметры условно становятся заданными константами (равными соответствующим параметрам соответствующей серийной машины).

Так, например, задача обеспечения максимальной эффективности машины с ПРЗ в работе сводится к оптимизации зависящих от ПРЗ параметров путем [9]:

– определения допустимого интервала массы ПРЗ для конкретной машины при минимуме исходных данных;

– определения минимального значения затрат на защиту и стоимость операторов при выполнении заданного стандартами безопасности уровня защиты – ПДД, в допустимом интервале значений массы ПРЗ;

– получения максимальной производительности базовой машины, за счет изменения передаточного числа трансмиссии в зависимости от выбранной массы ПРЗ [6] и соответствующего этой массе увеличения производительности (увеличение размеров отвала бульдозерного оборудования, объема ковша погрузчика, грузоподъемности стрелы экскаватора или крана...) рабочего оборудования;

– проверки технической работоспособности машины с увеличенной массой (из-за массы ПРЗ) – прочностные, тягово-скоростные и др. расчеты.

Таким образом, решение задачи оптимизации параметров машины для работы на РЗМ по критерию «эффективность» (рис. 2) предлагается свести к изменению (оптимизации, рационали-

Расчет и конструирование

зации) ряда базовых параметров машины относительно рациональной (для заданных условий, по ПДД оператора, защищаемого оборудования) массы ПРЗ отдельными процедурами (этапами), обеспечивающими решение задачи в целом [9].

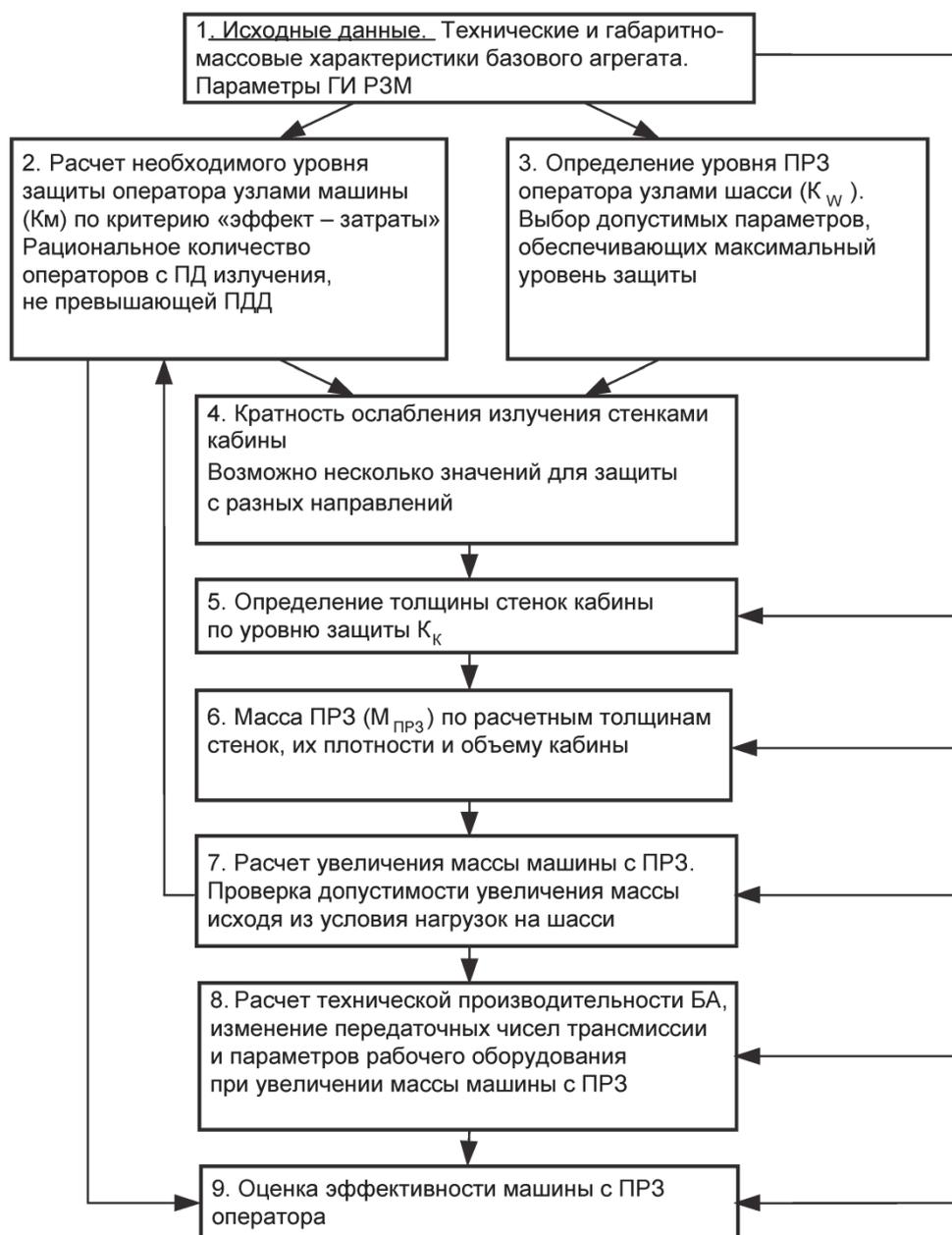


Рис. 2. Схема расчета технико-экономической оценки машины с ПРЗ оператора [9]

При математической оценке параметров ПРЗ и машины в целом учитываются три основных положения:

1. Уровень защиты от ионизирующих излучений при любых условиях должен обеспечивать получаемую оператором дозу не выше действующей предельно допустимой дозы (ПДД), прописанной соответствующими документами – нормами радиационной безопасности и др.

2. Учет ограничений по тактико-техническим характеристикам машины и стоимости ряда ее узлов.

3. Расчет оценки эффективности машины на РЗМ проводится в направлении:

– расчет рациональной, по критерию «эффект – затраты», защиты от радиации (отдельно для базового шасси, кабины и рабочего оборудования, при его наличии);

- оценка вклада установленной ПРЗ в общую эффективность машины;
- получение общей эффективности машины путем складывания оценки вклада ПРЗ и эффективности, связанной с изменениями параметров машины, в зависимости от параметров ПРЗ [3, 6, 7].

Выводы

1. Предложены основные положения методологии проектирования техники с ПРЗ оператора (части оборудования) при минимуме исходных данных, в явном виде уточняющие и конкретизирующие взаимосвязи параметров защиты от ГИ с техническими параметрами и характеристиками машины, в том числе производительностью и эффективностью работы. Изучение этих взаимосвязей приводит к необходимости совместной оценки параметров защиты и базовых параметров шасси, причем свойства этих параметров, несмотря на их взаимную зависимость, допускают отдельные процедуры рационализации и оптимизации, дающие решение поставленной задачи в целом.

2. Предлагается рассмотрение ПРЗ как подсистемы машины в целом (во взаимосвязи с другими техническими параметрами машины). Чем выше уровень и масса такой защиты, тем больше ее влияние на базовое шасси и его характеристики.

3. Решение задачи оптимизации параметров машины для работы на РЗМ по критерию «эффективность» предлагается свести к изменению (оптимизации, рационализации) ряда базовых параметров машины относительно рациональной (для заданных условий, по ПДД оператора, защищаемого оборудования) массы ПРЗ.

Литература

1. Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (утв. приказом Президента РФ 1 марта 2012 г. № Пр-539).

2. Федеральный закон от 11 июля 2011 года № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

3. Перечень программ, утвержденных распоряжением правительства РФ от 11.11.2010 № 1950-р (темы 10 и 22), в том числе «Преодоление последствий радиационных аварий».

4. Концепция вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения на период до 2030 г., утвержденной 15.07.2014 ГК «Росатом».

5. Основные направления совершенствования технологий защитных мероприятий и технической базы по преодолению последствий радиационных аварий на современном этапе. – М.: МЧС России, 2012. – 272 с.

6. Булатов, В.И. 200 ядерных полигонов СССР. География радиационных катастроф и загрязнений / В.И. Булатов. – Новосибирск: ЦЭРИС, 1993. – 87 с.

7. Гаврилов, П.М. Обращение с отработанным топливом и радиоактивными отходами в РФ и за рубежом / П.М. Гаврилов. – 39 с. – <http://portal.tpu.ru>.

8. Горячев, И. Проблемы защиты экипажей боевых машин от радиации / И. Горячев // Зарубежное военное обозрение. – 1975. – № 11. – С. 34–38.

9. Гусев, С.А. Совершенствование гусеничных и колесных машин с противорадиационной защитой (теория, практика, технико-экономическая оценка): моногр. / С.А. Гусев. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ: Изд-во «Цицеро», 2011. – 177 с.

10. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. № 40 «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2009)».

11. Рекомендации по оборудованию и проверке биологической защиты транспортных, грузоподъемных и других средств, предназначенных для проведения работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. – М.: П.Я. В-2652, В.Ч.12093, П.Я. Р-6476, 1986. – 33 с.

12. Противорадиационная защита: вчера, сегодня, завтра / И.В. Балашов, А.М. Малофеев, М.В. Чистяков, Н.Н. Хазов // Техника и вооружение. – 2013. – № 3. – С. 8–11.

13. Защита танков / В.А. Григорян, Е.Г. Юдин, И.И. Терехин и др.; под ред. В.А. Григоряна. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 327 с.

14. Руководство по радиационной защите для инженеров: в 2 т.: пер. с англ. / под ред. Д.Л. Бродера, Б.Р. Бергельсона, Ю.А. Егорова и др. – М.: Атомиздат, 1972. – Т. 1. – 424 с.

Расчет и конструирование

15. Шеховцев, В.В. Совершенствование автотракторных силовых передач на основе анализа и синтеза их динамических характеристик на этапе проектирования: дис. ... д-ра техн. наук / В.В. Шеховцев. – Волгоград: ВГТУ, 2004. – 399 с.

16. Пирковский, Ю.В. Теория движения полноприводного автомобиля (прикладные вопросы оптимизации конструкции шасси) / Ю.В. Пирковский, С.Б. Шухман. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 230 с.

17. Носов, С.В. Взаимодействие колесных, гусеничных и дорожных машин с деформируемым опорным основанием (научные основы): дис. ... д-ра техн. наук / С.В. Носов. – СПб.: СПбГУ, 2009. – 465 с.

18. Методы оценки эффективности полноприводной автомобильной техники / под общ. ред. В.В. Шилова. – Рязань: ГУП РО «Рязоблтипография», 2005. – 144 с.

19. ГОСТ В 26457-85. Защита экипажей и аппаратуры бронетанковой техники от проникающих излучений ядерного взрыва и радиоактивно зараженной местности. Метод расчета. Введ. с 01.10.89. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 272 с.

20. ГОСТ В 23731-79. Защита экипажей подвижной наземной техники от гамма-излучения радиоактивно зараженной местности. Метод испытания. – Введ. с 01.01.81. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 12 с.

21. Применение широкоапертурного источника осколочного гамма-излучения для контроля эффективности противорадиационной защиты кабин бульдозеров ДЗ-132-1КЗ и ДЗ-171-1КЗ разработки ПО «ЧТЗ»: Постановочный отчет. № ПС92.5094/2. – Челябинск-70: ВНИИТФ, 1992. – 41 с.

22. Маслов, Г.Г. Методика комплексной оценки эффективности сравниваемых машин / Г.Г. Маслов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – № 10. – С. 31–33.

23. Caterpillar performance handbook 41. – USA: Peoria: Caterpillar Inc., SRBD 0351-41, 2011. – 1014 p.

Гусев Сергей Артурович, кандидат технических наук, доцент, главный конструктор по спецтехнике, ООО «ЧТЗ-УРАЛТРАК», г. Челябинск, gusev_sa@chtz.ru.

Кондаков Сергей Владимирович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Колесные и гусеничные машины», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, kondakovsv@susu.ru.

Поступила в редакцию 28 марта 2019 г.

DOI: 10.14529/engin190304

A PROBLEM OF CREATING EFFECTIVE MACHINES WITH RADIATION PROTECTION OF AN OPERATOR AND ITS POSSIBLE SCIENTIFIC AND PRACTICAL SOLUTIONS

S.A. Gusev¹, gusev_sa@chtz.ru,

S.V. Kondakov², kondakovsv@susu.ru

¹LLC “ChTZ-Uraltrac”, Chelyabinsk, Russian Federation,

²South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Issues related to the radiation accident remedial actions and working with radioactive materials are becoming increasingly important. The paper shows the main features and disadvantages of the previously applied approaches to solving the problem of creating effective machines for radioactive contaminated areas, as well as a number of basic scientific and practical proposals for possible solutions to this problem, including early-stage design decisions. Machines created for operation on contaminated sites are usually based on existing ones, which previously were considered generally as platforms for installing cabins with the highest possible level of radiation protection. This does not guarantee their maximum application efficiency. Improving the efficiency of such machines, based on the development of any of its parameters (level of radiation protection, technical performance, traction, power, speed, load capacity, etc.), is irrational.

Previously used methods of calculation and design of machines with protection from gamma radiation are weakly interdependent and loosely interrelated and are not combined into the “anti-radiation protection – machine (performance and cost) – man” integrated system. We propose to consider radiation protection as a subsystem of a machine as a whole. This significantly changes the requirements for a machine, its performance and design and makes some scientific results and general theoretical recommendations not applicable to such machines. Moreover, the higher the level and weight of radiation protection is, the greater is its impact on the base chassis and its characteristics. The complex approach presented in the paper allows for comprehensive study of the problem of machine development for contaminated area work and substantiation of reasonable parameters of radiation protection for an operator considering the relationship of protection with other technical parameters of machines. The results of the research make it possible to calculate the values of the main parameters of the machines for working in radioactive contaminated area at the stage of pre-design and design, to improve the efficiency of the machine, and to protect the operator from radiation. This reduces the time and material costs of conducting research and development works to create such machines. The processes of launching into manufacture, development of new machines, and improvement of existing ones with anti-radiation protection are accelerated.

Keywords: scientific problem, computational methods, computational procedure, efficiency, radioactively contaminated area, radiation protection of the operator, maximum permissible dose, dose rate, energy of gamma radiation, machine performance, costs.

References

1. *Osnovy gosudarstvennoy politiki v oblasti obespecheniya yadernoy i ra-diatsionnoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda* [Bases of the State Policy in the Field of Ensuring Nuclear and Radiation Safety of the Russian Federation for the Period till 2025] (app. order of the President of the Russian Federation March 1, 2012 No. PR-539).
2. Federal law No. 190-FZ of 11 July 2011 *Ob obrashchenii s radioaktivnymi otkhodami i o vnesenii izmeneniy v ot-del'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii* [On Radioactive Waste Management and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation].
3. The List of Programs Approved by the Order of the Government of the Russian Federation of 11.11.2010 No. 1950-R (topics 10 and 22), including “Overcoming the Consequences of Radiation Accidents”.
4. *Kontseptsiya vyvoda iz ekspluatatsii yadernykh ustanovok, radiatsionnykh istochnikov i punktov khraneniya na period do 2030 goda* [The Concept of Decommissioning of Nuclear Facilities, Radiation Sources and Storage Facilities for the Period up to 2030]. GC “Rosatom”, 15.07.2014.
5. *Osnovnyye napravleniya sovershenstvovaniya tekhnologiy zashchitnykh mero-priyatiy i tekhnicheskoy bazy po preodoleniyu posledstviy radiatsionnykh avariyn na sovremennom etape* [The Main Directions of Improvement of Technologies of Protective Measures and Technical Base for Overcoming the Consequences of Radiation Accidents at the Present Stage]. Moscow. *The Ministry of emergency situations of Russia*, 2012. 272 p.
6. Bulatov V.I. *200 yadernykh poligonov SSSR. Geografiya radiatsionnykh katastrof i zagryazneniy* [200 Nuclear Test Sites of the USSR. Geography of Radiation Accidents and Pollution]. *Novosibirsk: CERES*, 1993. 87 p.
7. Gavrillov P.M. *Obrashcheniye s otrabotannym toplivom i radioaktivnymi otkhodami v RF i za ru-bezhom* [Spent Fuel and Radioactive Waste Management in Russia and Abroad] 39 p. Available at: <http://portal.tpu.ru>.
8. Goryachev I. [Problems of Protection of Crews of Combat Vehicles from Radiation]. *Foreign military review*, 1975, no. 11, pp. 34–38. (in Russ.)
9. Gusev S. A. *Sovershenstvovaniye gusenichnykh i kolesnykh mashin s protivoradiatsionnoy zashchitoy (teoriya, praktika, tekhniko-ekonomicheskaya otsenka): monografiya* [Improvement of Tracked and Wheeled Vehicles with Radiation Protection (Theory, Practice, Technical and Economic Assessment): monograph]. Chelyabinsk: South Ural St. Univ. Publ., Cicero Publ., 2011. 177 p.
10. *Ob utverzhdenii SP 2.6.1.2612-10 “Osnovnyye sanitarnyye pravila obes-pecheniya radiatsionnoy bezopasnosti (OSPORB 99/2009)”* [On Approval of SP 2.6.1.2612-10 “Basic Sanitary Rules for Radiation Safety (Contestation 99/2009)”. *Resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation* of April 26, 2010, no. 40.

11. *Rekomendatsii po oborudovaniyu i proverke biologicheskoy zashchity transportnykh, gruzo-pod"yemnykh i drugikh sredstv, prednaznachennykh dlya provedeniya rabot po likvidatsii posledstviy avarii na Chernobyl'skoy AES* [Recommendations on Equipment and Verification of Biological Protection of Transport, Lifting and Other Means Intended for Work on Liquidation of Consequences of the Chernobyl NPP]. Moscow, P. I.-2652, WP 12093, P. Y. P-6476, 1986. 33 p.
12. Balashov I.V., Malofeev A.M., Chistyakov M.V., Khazov N.N. [Radiation Protection: Yesterday, Today, Tomorrow]. *Equipment and weapons*, 2013, no. 3, pp. 8–11.
13. Grigoryan V.A. (ed.), Yudin E.G., Terekhin I.I., etc. *Zashchita tankov* [Protection of Tanks]. Moscow, MGTU nam. N.Eh. Bauman Publ., 2007. 327 p.
14. Broder D.L., Bergelson B.R., Egorov A.Y. (eds.) Manual on Radiation Protection for Engineers: in 2 volumes. Moscow, Atomizdat Publ., 1972, vol. 1, 424 p.
15. Shekhovtsev V.V. *Sovershenstvovaniye avtotraktornykh silovykh peredach na osnove analiza i sinteza ikh dinamicheskikh kharakteristik na etape proyektirovaniya. Dis. dokt. diss.* [Improvement of Automotive Power Transmission Based on the Analysis and Synthesis of Their Dynamic Characteristics at the Design Stage. Doct. Sci. diss.]. Volgograd, 2004. 399 p.
16. Perkowski J. V., Shukhman S. B. *Teoriya dvizheniya polnoprivodnogo avtomobilya (prikladnyye voprosy optimizatsii konstruksii shassi)* [The Theory of Motion of Four-Wheel Drive Vehicle (Applied Problems of Optimization of Chassis Design)]. Moscow, 2001. 230 p.
17. Nosov S.V. *Vzaimodeystviye kolesnykh, gusenichnykh i dorozhnykh mashin s deformiruyemym opornym osnovaniyem (nauchnyye osnovy). Dis. dokt. diss.* [Interaction of Wheeled, Tracked and Road Vehicles with Deformable Support Base (Scientific Basis). Doct. Sci. diss.]. St. Petersburg, 2009. 465 p.
18. Shipilov V.V. (ed.) *Metody otsenki effektivnosti polnoprivodnoy avtomobil'noy tekhniki* [Methods of Assessment of Effectiveness All-Wheel Drive Automobiles]. Ryazan, 2005. 144 p.
19. *GOST V 26457-85. Zashchita ekipazhey i apparatury bronetankovoy tekhniki ot pronikayushchikh izlucheniye yadernogo vzryva i radioaktivno zarazhennoy mestnosti. Metod rascheta* [State Standard V 26457-85. Protection of Crews and Equipment of Armored Vehicles from Penetrating Radiation of a Nuclear Explosion and Radioactive Contaminated Area. Calculation Method]. Moscow, Standards Publ., 1985. 272 p.
20. *GOST V 23731-79. Zashchita ekipazhey podvizhnoy nazemnoy tekhniki ot gamma-izlucheniya ra-dioaktivno zarazhennoy mestnosti. Metod ispytaniya* [State Standard V 23731-79. Protection of Crews of Mobile Ground Equipment from Gamma Radiation of Radioactively Contaminated Areas. Method of Testing]. Moscow, Standards Publ., 1979. 12 p.
21. *Primeneniye shirokoaperturnogo istochnika oskolochnogo gamma-izlucheniya dlya kontrolya effektivnosti protivoradiatsionnoy zashchity kabin bul'dozerov DZ-132-1KZ i DZ-171-1KZ razrabotki PO "CHTZ": Po-stanovochnyy otchet. № PS92.5094/2* [The Use of Wide-Aperture Source Fragmentation of Gamma Radiation to Monitor the Effectiveness of the Radiation Protection Cabins of Bulldozers DZ-132-1K3 and DZ-171-1K3 Development "CTZ" Staging Report. No. ПС92.5094/2]. Chelyabinsk-70, 1992. 41 p.
22. Maslov G.G. [The Methodology of Complex Evaluation of the Effectiveness of the Compared Machines]. *Tractors and agricultural machinery*, 2009, no. 10, pp. 31–33.
23. *Caterpillar Performance Handbook 41*. USA: Peoria: Caterpillar Inc., SRBD 0351-41, 2011. 1014 p.

Received 28 March 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Гусев, С.А. Проблема создания эффективной техники с противорадиационной защитой оператора и возможные научно-практические пути ее решения / С.А. Гусев, С.В. Кондаков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 33–42. DOI: 10.14529/engin190304

FOR CITATION

Gusev S.A., Kondakov S.V. A Problem of Creating Effective Machines with Radiation Protection of an Operator and Its Possible Scientific and Practical Solutions. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2019, vol. 19, no. 3, pp. 33–42. (in Russ.) DOI: 10.14529/engin190304