

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.11.2023 18:37:36

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

« 15 » 03



ВЕПОЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ И ПРАВИЛА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЕПОЛЕЙ

Методические указания

к практическому занятию для студентов, обучающихся по
направлению 11.03.03 Конструирование и технология электронных
средств (бакалавриат)

Курск 2021

УДК 621:001 (07)

Составитель: В.Э. Дрейзин

Рецензент

доктор технических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры космического приборостроения и систем связи

В. Г. Андронов

Вепольные модели изобретательских задач и правила преобразования веполей: методические указания к практическому занятию для студентов, обучающихся по направлению 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (бакалавриат) / Юго-Западный гос. ун-т; сост. В.Э. Дрейзин – Курск, 2021. – 16 с.: –. Библиогр.: с. 16.

Методические указания к практическому занятию содержат описание основ вепольного анализа – одного из мощных методов решения изобретательских задач. Приводится понятие веполя и возможные виды веполей. Рассмотрены основные вепольные преобразования: правило достройки неполных веполей, правило преобразования веполя в феполь и правило разрушения вредного веполя. По каждому правилу приводятся решения конкретных изобретательских задач.

Кроме того, методические указания содержат вопросы для самопроверки.

Методические указания соответствуют рабочей программе дисциплины «Методы инженерного творчества».

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (бакалавриат).

Текст печатается в авторской редакции

Подписано печать 15039. Формат 60x841/16.

Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. 0,84. Тираж 100 экз. Заказ 487. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Содержание

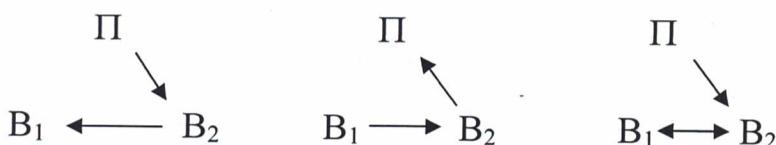
1. Понятие веполя в теории решения изобретательских задач и виды веполей	4
2. Правило дстройки неполного веполя	5
3. Правило перехода от веполя к феполю	8
4. Правило разрушения вредного веполя	12
5. Вопросы для самопроверки	16
Литература	16

1. Понятие веполя в теории решения изобретательских задач и виды веполей

Понятие «веполь» образовано от двух слов: «вещество» и «поле». Дело в том, что все работоспособные технические системы должны иметь, как минимум, три «действующих агента»: объект действия (вещество B_1), инструмент, с помощью которого можно воздействовать на объект (вещество B_2) и энергия, необходимая для совершения действия или для управления инструментом (поле Π). Эти три составляющих и образуют минимальную техническую систему – *веполь*.

При этом под термином *вещество* понимаются любые материальные объекты, любой сложности. Термин *поле* здесь толкуется более широко, чем в физике. Если в физике различают всего четыре вида поля: гравитационное, электромагнитное (при этом электрическое поле и магнитное являются его частными случаями), поле сильных взаимодействий и поле слабых взаимодействий (которые проявляют себя на внутриядерном уровне), то в данном случае поле – это некоторая область пространства, каждой точке которого поставлено в соответствие определённое значение векторной или скалярной величины одной и той же физической природы. Т. е. кроме физических полей могут рассматриваться тепловые, акустические, механические и другие подобные поля. Ещё одно понятие, которое необходимо для получения и анализа вепольных моделей – *взаимодействие*. Взаимодействие здесь понимается как всеобщая форма связи физических тел или явлений, осуществляющаяся в их взаимном влиянии друг на друга. Взаимодействовать могут два *вещества* между собой или *вещество* и *поле*. (Если строго придерживаться введённых нами понятий, то одно вещество с другим может взаимодействовать друг с другом только посредством поля. Но если, по условиям задачи, это поле никак себя не проявляет, т. е. им нельзя управлять или измерять, обнаруживать, изменять, то такие поля не отображаются в веполе).

Итак, минимальный веполь изображается в виде трёх букв B_1 , B_2 , Π , отображающих два вещества и поле, и стрелок, отображающих их взаимодействия, например:



Если стрелка односторонняя, то имеет место одностороннее действие, отображающее причинно-следственную связь. Если имеет место

взаимодействие, то оно отображается двунаправленной стрелкой. Если по условиям задачи необходимо ввести действие (или взаимодействие), которое в исходных данных отсутствует, то оно отображается пунктирной стрелкой:

----→ . Если же по условиям задачи имеет место нежелательное действие, которое должно быть устранено или изменено, то оно отображается волнистой стрелкой: ~~~→ .

Как видим, правила построения веполей весьма просты.

Теперь перейдем к правилам их преобразования, которые во многих случаях позволяют разрешить физическое противоречие и, тем самым, найти принципиальное решение задачи.

2. Правило достройки неполного веполя

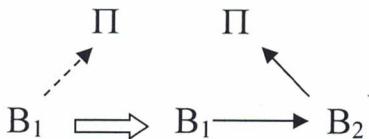
Правило 1. Достройка невепольной системы, состоящей только из одного элемента (вещества или поля) или неполной вепольной системы, состоящей только из двух элементов (двух веществ или вещества и поля или двух полей) до полного веполя.

Рассмотрим изобретательскую задачу, иллюстрирующую это правило:

Задача 7. Найти способ, позволяющий быстро и точно обнаруживать в холодильных агрегатах неплотности, через которые просачивается охлаждающая жидкость (фреон, хладон и т. п.).

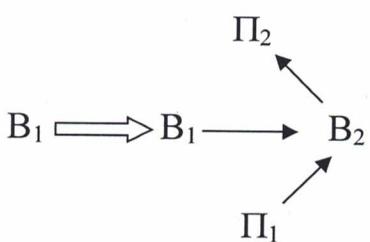
Сложность состоит в том, что все охлаждающие жидкости являются бесцветными и легкоиспаримыми при нормальной комнатной температуре (температура кипения при нормальном давлении лежит в зоне отрицательных температур). Поэтому просачивающаяся сквозь неплотности жидкость тут же испаряется, что и усложняет их визуальное обнаружение.

Представим эту задачу в виде веполя. Главным элементом, который необходимо обнаруживать, являются те капельки охлаждающей жидкости, которые просачиваются сквозь неплотности холодильного агрегата и тут же испаряются. Обозначим их как вещество B_1 . В исходной задаче больше ничего не задано. Следовательно, мы имеем невепольную систему, состоящую всего из одного элемента. Попытаемся достроить её до полного веполя. Раз само вещество B_1 обнаружить трудно, то к нему надо добавить другое вещество B_2 , которое должно легко обнаруживаться, т. е. создавать какое-то поле, по которому его легко обнаружить. Проще всего в качестве второго вещества взять яркий краситель, тогда просачивающаяся сквозь неплотности жидкость будет легко обнаруживаться визуально. В итоге получаем веполь:



Здесь в исходной задаче штриховой стрелкой показано желаемое действие – легко обнаруживаемое поле Π , которое представляет собой визуальное поле. В предлагаемом решении оно создаётся красителем, добавленным в жидкость.

В принципе такое решение вполне работоспособно. Однако для создания контрастного цветового пятна концентрация красителя в охлаждающей жидкости должна быть достаточно велика, а это ухудшает свойства самой жидкости как охладителя (в испарителе холодильного агрегата эта жидкость должна испаряться, поглощая тепло из окружающего пространства, а в конденсаторе её пары должны вновь конденсироваться в жидкое состояние; краситель же имеет совсем другую температуру кипения, поэтому его добавление ухудшает работу холодильного агрегата). Поэтому желательно вместо красителя использовать такое вещество, которое даже в микроконцентрациях способно создать хорошо заметное визуальное поле. Поэтому, решение, зарегистрированное в а. с. № 277805, является более эффективным. Оно заключается в том, что вместо красителя вводят люминофор, ярко светящийся при ультрафиолетовом облучении. Холодильный агрегат для контроля помещают в затемнённое помещение и облучают ультрафиолетовым излучением. Если в холодильном агрегате имеются протечки, то эти места будут ярко светиться и их легко обнаружить. В вепольном виде это решение можно отобразить в виде веполя из четырёх элементов (с двумя веществами и двумя полями):



Веществом B_2 здесь является люминофор, полем Π_1 – ультрафиолетовое излучение, полем Π_2 – излучение люминофора в видимом свете.

Данное правило хорошо работает в задачах типа: дано вещество и нужно им управлять (обнаруживать, измерять, перемещать, видоизменять и т. п.), а прямое действие какого-либо поля на это вещество с целью управления либо неэффективно, либо недопустимо в силу накладываемых на задачу ограничений. Данное правило позволяет использовать в таких случаях обходной путь: добавить второе вещество, взаимодействующее с первым, и хорошо

управляемое каким-либо полем. Тогда с помощью этого поля появляется возможность управлять этим вторым веществом, а через него – и первым.

Невепольные системы могут быть представлены не только одним веществом, но и одним полем. Это задачи следующего типа:

Имеется поле, которое плохо поддаётся управлению (обнаружению, измерению, изменению, преобразованию в другое поле). Требуется обеспечить эффективное управление этим полем.

Решение таких задач сводится к следующим вепольным преобразованиям:

Преобразование исходного поля Π_1 с помощью вещества-преобразователя или двух взаимодействующих веществ:



В этих преобразованиях поля Π_1^1 и Π_1^{11} являются видоизменениями исходного поля Π_1 .

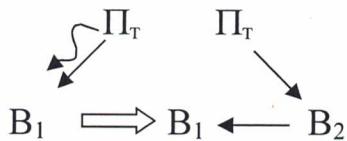
Но вполне возможно преобразование поля Π_1 в поле другой физической природы Π_2 . Тогда аналогичные вепольные преобразования будут иметь вид:



Разница между двумя приведёнными вепольными формулами состоит лишь в том, что в одном случае управляемое поле является видоизменением воздействующего поля Π_2 , а во втором случае поле Π_1 , воздействуя на вещество B , порождает поле другой физической природы Π_2 , которое и является управляемым полем.

Неполной вепольной системой можно отобразить и задачу 1. В самом деле, модель этой системы состоит из арматуры (вещества B_1) и теплового поля Π_t , действующего на неё. Причём это действие одновременно является полезным (вызывает необходимое удлинение арматуры) и вредным (приводит к потере ей прочностных качеств). Необходимо устранить вредное действие, оставив полезное. Решение состоит в дестройке веполя, путём введения второго вещества, взаимодействующего с первым (стальных стержней, не входящих в арматуру, но жёстко связанных с ней механически), на кото-

рое и действует тепловое поле. Оно отображается следующим вепольным преобразованием:



Здесь в исходном веполе прямой стрелкой обозначено полезное воздействие (удлинение), а волнистой стрелкой – вредное (потеря прочностных свойств). После достройки веполя полезное воздействие теплового поля (тепловое удлинение) переносится на вещество B_2 , а уже от него передаётся на B_1 . Вредное же воздействие для B_2 не имеет значения, поэтому на вепольной модели не отображается (для нагреваемого стержня уменьшение предела прочности при нагревании не играет роли, т. к. он не является арматурой).

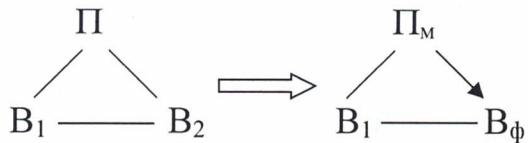
3. Правило перехода от веполя к феполю

Правило 2. Переход от веполя к феполю.

Феполем называется веполь, у которого одним из веществ является ферромагнитное вещество, а поле является электромагнитным (магнитным) полем. Причём ферромагнитное вещество не обязательно должно быть однородным. Оно может быть любым, но в него обязательно должно входить в каком-либо виде (чаще всего в дисперсном) ферромагнитное вещество.

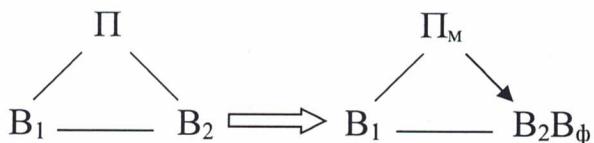
Эффективность применения фепольных систем объясняется тем, что ферромагнитным веществом легко управлять, т. к. можно создавать магнитное поле практически любой необходимой пространственной конфигурации и достаточно быстро и точно регулировать его интенсивность. К фепольным системам можно отнести хорошо известные и широко распространённые в технике устройства с разнообразными электромагнитами (электромагнитные реле и переключатели, электромагнитные муфты и разъединители, разнообразные электромагнитные исполнительные устройства, измерительные механизмы магнитоэлектрических и электромагнитных измерительных приборов и т. д.). Менее распространены, но чрезвычайно эффективны фепольные системы, в которых ферромагнитное вещество находится в дисперсном состоянии: железная дробь, ферромагнитный порошок, ферромагнитная суспензия (взвесь ферромагнитного порошка в минеральном масле или другой жидкости) и ферромагнитная жидкость (коллоидный раствор ферромагнитного вещества, в котором ферромагнитные частицы состоят всего из нескольких молекул и образуют коллоидный раствор с каким-либо растворителем).

Правило перехода к феполю в общем виде можно отобразить следующим образом:



Здесь линии без стрелок отображают действие в общем виде (без указания его направленности), а суть преобразования состоит в том, что одно из веществ (которым нужно управлять) должно быть ферромагнитным (B_Φ), а в качестве управляющего поля должно использоваться магнитное поле (Π_M).

Если нельзя полностью заменить вещество B_2 на ферромагнитное вещество, то последнее надо добавить в вещество B_2 в дисперсном виде. Последний случай соответствует вепольному преобразованию:



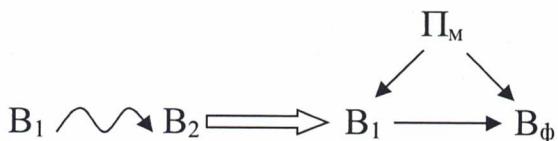
Проиллюстрируем это правило на примере.

Задача 8. Фрезерные станки предназначены для обработки деталей сложной формы. Поэтому основной проблемой является крепление детали или заготовки на станке. Для заготовок простой формы могут использоваться обычные зажимные устройства. Для деталей сложной формы с уже обработанными наружными поверхностями использование таких зажимных устройств чаще всего невозможно, т. к., во-первых, деталь сложной формы такими зажимами трудно закрепить, а во-вторых, даже если это удаётся, то зажимы могут повредить наружные поверхности детали. Для таких деталей приходится изготавливать специальную технологическую оснастку, позволяющую, не повреждая детали, надёжно закреплять её на станке. Это дорого, неудобно и требует длительного подготовительного периода, необходимого для проектирования и изготовления такой оснастки. Причём для деталей другой формы всю эту работу приходится повторять заново.

Частичным решением этой проблемы является оснащение современных фрезерных станков магнитным столом. Стальная деталь просто кладётся на этот стол одной из своих плоскостей, включается мощный электромагнит, и деталь прочно закрепляется на этом столе магнитным полем. Когда обработка детали закончена, электромагнит отключают, и деталь легко снимается со стола (правда она оказывается намагниченной и её приходится размагни-

чивать в специальном размагничивающем устройстве). Однако и это решение не полностью решает проблему. Во-первых, с помощью магнитного поля можно закреплять только детали из чёрных (ферромагнитных) металлов. Во-вторых, некоторые сложные детали даже из ферромагнитных металлов не удаётся закрепить на магнитном столе в нужном положении, поскольку хорошо закрепляются лишь те детали, которые имеют плоскую поверхность в том месте, которое должно прилегать к магнитному столу. Как быть?

Построим вспомогательную модель исходной задачи. Имеем: рабочий стол фрезерного станка – B_1 и деталь – B_2 , между которыми имеет место неудовлетворительное взаимодействие. Правило 2 предписывает использовать в качестве B_2 ферромагнитное вещество B_ϕ и управляющее им магнитное поле Π_m . Получаем вспомогательное решение в виде:



В итоге мы получили решение для станка с магнитным рабочим столом. Такие станки появились ещё в первой четверти XX века. Но, как мы видели, и оно не полностью решает проблему. В этом случае правило рекомендует добавить к веществу B_2 ферромагнитное вещество в дисперсном виде и уже с его помощью управлять веществом B_2 :



Для его реализации достаточно установить на магнитном столе ящик (можно без дна) с железной дробью. При отключённом магнитном поле в нём несложно установить деталь любой формы в нужном положении (так, чтобы она частично была погружена в эту дробь). Теперь достаточно включить электромагнит и деталь окажется прочно зажатой в данном положении. При этом сама деталь может быть и неферромагнитной (из цветного металла или вообще не металлическая). Это изобретение (а. с. № 1006058) было сделано только в 1982 г., хотя для своей реализации оно не требует практически никаких дополнительных затрат. Можно было бы вместо дроби использовать железный порошок, но в этом случае стальные детали из-за остаточного намагничивания будет трудно очистить от него без размагничивания детали. Стальную дробь же легко стряхнуть даже с неразмагниченной детали.

Приведём ещё одну задачу.

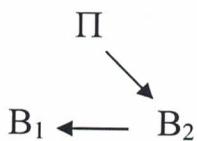
Задача 9. Из термопластичного материала необходимо изготовить ворсистое покрытие, исключая трудоёмкие операции изготовления из него искусственного волокна, скрутку из него нитей и ткачество. Необходимо получать такое покрытие прямо из расплава исходного материала. Высота ворсинок должна быть не менее 5 мм, густота – несколько десятков (до сотни) на см². Способ должен быть высокопроизводительный и дешёвый.

Было предложено окунать в незастывший лист исходного материала игольчатую матрицу, а затем поднимать её вверх. За каждой иголочкой потягивается тонкая нить, которая при обдуве холодным воздухом тут же застынет, после чего лист смещается из под матрицы и эти нити у конца иголочек (где они наиболее тонкие и наиболее остывшие) обрываются. Полученный лист с ворсистым покрытием охлаждается, а на его место продвигается новая форма с расплавом. Была изготовлена опытная установка, найдена оптимальная температура расплава, которая соответствовала необходимой вязкости. Но ... всё получалось лишь в первые минуты работы установки. С каждым новым изготовленным листом на концах иголок нарастал всё более толстый слой застывшей пластмассы. Ворсинки соответственно утолщались, становились ломкими. А после пары десятков листов соседние иголки вообще слипались между собой и вместо ворсинок на поверхности листа образовывались беспорядочные бугристые натёки. Предпринимались многочисленные попытки найти способ быстрой и дешёвой очистки иголочек от слоя застывшей пластмассы, но они не увенчались успехом.

Попробуем решить эту задачу, используя вспомогательные преобразования. Исходная модель состоит всего из одного вещества – расплава термопластичного материала, на который надо чем-то воздействовать (вторым веществом или полем – этого в задаче не задано), чтобы получить на его поверхности ворсинки. Таким образом, исходная ситуация отображается моделью:

B₁ ←-----

Применяя к ней первое правило – досстройки вспомогательной модели, получаем:



Это соответствует рассмотренному выше решению с игольчатой матрицей: вещество B_2 – сама игольчатая матрица, Π – механическое воздей-

ствие, перемещающее эту матрицу вверх-вниз. (Остальные воздействия – обдув холодным воздухом, перемещение и охлаждение полученного листа являются вспомогательными и выходят за рамки воздействия на расплав с целью получения ворсинок). Решение оказалось неудовлетворительным.

Применяя правило преобразования веполя в феполь, получаем:

$$\begin{array}{c} \Pi_M \\ \searrow \\ B_1 \leftarrow B_\Phi \end{array}$$

При этом ферромагнитное вещество должно быть в дисперсном состоянии. Решение очевидно: насыпаем на поверхность расплава ферромагнитный порошок (размеры крупинок должны соответствовать желаемой толщине ворсинок) и воздействуем на них магнитным полем. Крупинки ферромагнитного порошка потянутся вверх и потянут за собой тонкие нити расплава. Дальше уже все понятно. О возврате израсходованного железного порошка можно не заботиться – он дёшев, а его расход ничтожен. Кроме того, мы получаем возможность легко управлять толщиной ворсинок (она определяется тонкостью помола ферромагнитного порошка) и густотой ворса (количество порошка на единицу площади листа).

Решение найдено, причём весьма эффективное, надёжное и легко регулируемое.

4. Правило разрушения вредного веполя

Правило 3. Разрушение вредного веполя.

Веполь может оказаться не только полезным, но и вредным и для решения задачи его необходимо разрушить. Это можно сделать разными способами: удалением одного из взаимодействующих веществ, заменой одного вещества на другое, введением третьего вещества, разделяющего первые два. Однако наиболее эффективным является способ, при котором вводимое третье вещество является видоизменением одного или обоих взаимодействующих веществ.

Правило разрушения веполя как раз и состоит в том, что для разрушения вредного веполя между двумя взаимодействующими веществами должно быть введено третье, являющееся видоизменённым состоянием одного или обоих взаимодействующих веществ.

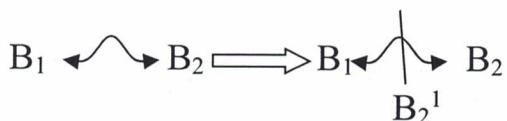
Оно позволяет, не удаляя ни одно из веществ (что, как правило, запрещено условиями задачи, иначе не возникла бы проблемная ситуация) и, не

вводя дополнительного нового вещества (что часто бывает неэффективно и дорого), разрушать вредное взаимодействие между исходными веществами.

В качестве примера можно привести рассмотренную выше задачу о предохранении поверхности подводных крыльев судов на подводных крыльях от воздействия кавитации. Исходная ситуация представлена неполным венцом: двумя веществами – поверхностью крыла B_1 и набегающим потоком воды B_2 , между которыми имеет место нежелательное взаимодействие – кавитация, что можно отобразить моделью:



Применяя правило 3, мы вводим между ними третье вещество, являющееся видоизмененным состоянием одного из них – воды, намораживая на поверхность крыла слой льда, что отображается венцовой моделью:



Рассмотрим ещё одну задачу.

Задача 10. На одном из металлургических комбинатов возникла следующая проблема. Отработанный расплавленный шлак от доменной печи необходимо было доставлять на шлакоперерабатывающую фабрику, которая была построена значительно позже, а потому её пришлось разместить на значительном расстоянии от доменных печей. Доставка должна была осуществляться по специально построенной железнодорожной ветке с помощью самоопрокидывающихся ковшей-вагонеток. Однако за время пути открытая сверху поверхность шлакового расплава покрывалась твёрдой коркой застывшего шлака, которая препятствовала его выгрузке. Практически приходилось ломом вручную пробивать в этой корке отверстие, через которое и сливался шлак. Естественно, что часть расплавленного шлака при этом оставалась в вагонетке, оставались и не разрушенные остатки корки. Это, хотя и не мешало повторной загрузке расплавленного шлака (т. к. поток горячего шлака из доменной печи легко разрушал и расплавлял эту корку), но снижало эффективность транспортировки (часть шлака возводилась и туда, и обратно). Кроме того, ручная операция пробивки отверстий в шлаковой корке была трудоёмка (сверху застывшая корка шлака становилась твёрдой как стекло, а снизу была вязкой и не разбивалась при ударах), опасна, малопроизводительна и задерживала выгрузку вагонеток. Механизация операции пробивки сливных отверстий в шлаковой корке конечно воз-

можна, но не решает всех проблем (часть шлака все равно будет всегда оставаться в вагонетках, да и время выгрузки шлака возрастает). Наилучшим было бы решение, предотвращающее появление шлаковой корки во время перевозки.

Поскольку охлаждение поверхности шлака происходит за счёт её охлаждения набегающим потоком воздуха при движении вагонетки, то первым напрашивается решение – снабдить вагонетки откидывающимися или съёмными крышками. Тогда корка на его поверхности если и образуется, то будет настолько тонкой, что сама разрушится при опрокидывании вагонетки и не помешает выгрузке. Однако первый же рейс вагонеток с крышками привёл к полному разочарованию. За время пути жидкий шлак расплескивался, попадал на места сопряжения крышки с бортами вагонетки и, застывая, намертво приваривал крышку к бортам вагонетки. Отбивать их оказалось труднее, чем пробивать отверстия в корке (правда свою основную функцию крышки выполнили исправно – корка на поверхности расплавленного шлака не образовывалась). Пришлось крышки снять.

Попробуем решить эту задачу, применив правило разрушения вредного веполя. Исходная модель та же, что и в предыдущей задаче: веществом B_1 является поверхность расплавленного шлака, веществом B_2 – набегающий поток воздуха. Между ними имеет место вредное взаимодействие – остывание поверхности шлака с образованием прочной корки, мешающей выгрузке шлака. Решение с крышками является попыткой разрушения этого взаимодействия путём введения третьего вещества – крышки. Оно, хоть и выполняло свою функцию (корка не образовывалась), но оказалось неприемлемым по другим причинам (приваривание крышки). Правило 3 требует, чтобы этим третьим веществом было бы видоизменённое состояние либо одного из конфликтующих веществ, либо их обоих. Видоизменённое состояние расплавленного шлака – это шлак в твёрдом состоянии, т. е. та самая шлаковая корка, которая препятствует разгрузке, хотя свою прямую функцию – предотвращение остывания всей массы шлака выполняет исправно. Вся беда в том, что она получается слишком прочной. Видоизменённое состояние воздуха – это жидкий воздух или неподвижный воздух. Жидкий воздух нам явно не поможет, а вот неподвижный помог бы здорово. Ведь основную функцию теплоизоляции в вагонетках с крышками выполняет не сама крышка (которая делается из металла и обладает высокой теплопроводностью), а воздух, остающийся под крышкой. Можно ли сделать крышку «одноразовой», саморазрушающейся при разгрузке вагонетки. В принципе можно, использовав вместо крышки тонкую плёнку, которая при выгрузке будет либо разрывать-

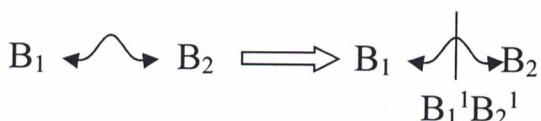
ся под тяжестью шлака, либо плавиться, либо сгорать. Однако на пути реализации этого решения возникают две технических трудности:

1) как предотвратить повреждение плёнки во время транспортировки? (вспомним из-за чего «приваривались» крышки – шлак расплескивался и попадал на крышку, следовательно, он может попадать и на заменяющую её плёнку);

2) как крепить плёнку к бортам вагонетки?

Поскольку на плёнку при движении вагонетки может попадать расплавленный шлак (а его температура при загрузке превышает 1000^0C), то плёнка должна быть из тугоплавкого несгораемого материала и обладать достаточной механической прочностью, чтобы крупные брызги шлака её не разрывали. Все органические материалы для этого не подходят. Остаётся металлическая фольга. Требования к ней противоречивы и трудно совместимы, а расход большой. Дешёвого решения не получится. Кроме того, остаётся ещё трудность с её креплением. Ведь после загрузки жидкого шлака борта вагонетки нагреваются до высокой температуры. Как видим, и в этом случае эффективного решения не получается. Кроме того, ведь фактически осталось то же решение, что с крышками, только они стали «одноразовыми», т. е. введено третье постороннее вещество.

Остается испробовать третью возможность – создать это третье вещество из обоих конфликтующих веществ: расплавленного шлака и воздуха. В вепольном виде решение имеет вид:



Можно ли создать такое вещество? Можно – это шлаковая пена. Вот и практически идеальное решение! Действительно, шлаковая пена – прекрасный теплоизолятор. В то же время стенки шлаковых пузырьков, даже если они сверху застынут, настолько тонки и хрупки, что легко разрушатся при выгрузке шлака. Остаётся только решить чисто технический вопрос – как эффективно вспенивать поверхность жидкого шлака при загрузке? Традиционный метод – вспенивать его сжатым воздухом. Решение возможно, но сопряжено с некоторыми трудностями: необходимо иметь компрессор и тугоплавкий шланг, который бы выдерживал погружение в расплавленный шлак. Было найдено более простое решение: одновременно с загрузкой расплавленного шлака пускать в вагонетку струю воды. Контактируя с раскалённым шлаком, вода бурно вскипает, образуя отличную шлаковую пену.

5. Вопросы для самопроверки

1. Что такое веполь?
2. Какие могут быть виды веполей?
3. Что представляют собой вепольные модели изобретательских задач?
4. Какие изобретательские задачи позволяет решать правило дстройки её вепольной модели до полного веполя?
5. Привести пример решения изобретательской задачи с использованием правила дстройки неполного веполя.
6. В чём состоит правило преобразования веполя к феполю?
7. Привести примеры решения изобретательской задачи с использованием правила преобразования веполя к феполю.
8. В чём состоит правило разрушения вредного веполя?
9. Привести примеры использования правила разрушения вредного веполя.

Литература

1. Дрейзин В.Э. Современные методы инженерного творчества: учебное пособие / В. Э. Дрейзин; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2017. – 327 с. – Библиогр. с. 326-327
2. Дрейзин В.Э. Основы научных исследований и инженерного творчества [Текст]: учебное пособие. В 4-х кн. Кн. 4. Анализ технических объектов и решений, методы интенсификации инженерного творчества / В.Э. Дрейзин, И.С. Захаров; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2005. 259 с.