



ПОЛЯРНАЯ АРМИЯ

Знание
- сила
N-12 1956

В КОСТЮМЕ

своим огнем

Г. АЛЬШУЛЛЕР и Р. ШАПИРО

Рисунки В. Алексеева

ГРОЗНАЯ СТИХИЯ

ИЗДАВНО люди мечтали о коврово-самолете, салагах-сорокоходах, шапке-невидимке. Многие из этих, казалось бы несбыточных мечтаний, поэтически отраженных в сказках, легендах и мифах, стали теперь действительностью. Обгоняющие звук реактивные самолеты быстрее сказочного коврово-самолета. Радиолокаторы зорче золотого пегушка царя Додоны. Ярче горящих перьев жар-птицы сияет электрический свет.

Не зная спасения от огня и жара, испепеливших все живое, люди сложили легенду о чудесной золотисто-пурпурной птице Фениксе, которая сжигалась каждые 500 лет. Но Феникс не погибал. Он вновь возрождался из пепла.

С тех пор прошли тысячелетия. А люди все так же оставались беззащитными перед огненной стихией. Лишь в последние годы удалось создать аппарат, который позволяет человеку безнаказанно приближаться к огню.

Высокие температуры — отличительная черта современной техники. Многие процессы в металлургии, химии, энергетике ведутся при температурах, измеряемых тысячами градусов. Без надежной защиты от тепла слышать и рядом нельзя работать в горячих цехах, управлять химическими процессами, тушить пожары.

Иногда противопожарная защита осуществляется просто: устанавливают экраны и завесы, изолирующие работающих от теплового потока. Но такая коллективная противопожарная защита возможна далеко не всегда. Часто, например, нет возможности использовать ее при тушении пожаров.

Старинная пословица гласит: нет дыма без огня. Но при пожарах нередко случается, что огонь горит в одной части здания, а дым валит из противоположной. Высокая температура и удручающие газы мешают обнаружить непосредственный источник огня. И пожарные часто тушат не огонь, а дым, что, как известно, бесполезно...

Правда, в составе пожарных частей есть специальные «разведчики огня», снабженные кислородными аппаратами для дыхания. Однако и им не удается близко подойти к огню: ведь защищены они только от газов, но не от тепла.

А как быть при пожарах в боль-

ших подвалах, подземных нефтяных резервуарах, угольных шахтах? Подвальные помещения на некоторых крупных заводах тянутся на десятки и сотни метров, протяженность выработок в угольных шахтах измеряется километрами... Борьба с огнем в этих условиях представляет особую сложность, нередко ведет к гибели и рабочих, и пожарных.

Достаточно сказать, что из всех видов аварий на шахтах, рудничные пожары по числу жертв и увечий занимают второе место, уступая в этом отношении только взрывам. 224 человека погибло в 1888 году при пожаре на алмазном руднике де Вира в Южной Африке. 267 человекских жизней стоил пожар на американской шахте Черри в Пенсильвании в 1909 году.

В августе этого года произошла страшная катастрофа на угольных шахтах близ Шарлеруа в Бельгии. Во время пожара в шахте на глубине 850 метров осталось 263 горняка. Спасательным отрядам путь преградил огонь. Продвигаться дальше не было никакой возможности. Оказать своевременную помощь не удалось, и все горняки погибли.

ЭНЕРГЕТИКА ОРГАНИЗМА

НАДЕЖНАЯ защита от высоких температур необходима не только при пожарах. Когда на судне в море выходит из строя котел, его надо отремонттировать как можно быстрее. Однако котел нагрет и приходится часами ждать, прежде чем можно начать работу.

Аналогичные условия создаются и при повреждении различных тепловых агрегатов, химических установок, нефтеперерабатывающей аппаратуры. Во всех этих случаях также важно провести ремонт максимально быстро, но и здесь высокая температура вынуждает на длительное бездействие.

Эффективно вести борьбу с огнем, ремонтировать тепловые и химические установки быстро, в «горячем» состоянии невозможно без мощных индивидуальных средств защиты от тепла.

Так возникла идея создания холодного костюма.

На первый взгляд, осуществить такой костюм очень трудно: взять хотя бы сесть и сделать из него несгораемый комбинезон. Однако в таком костюме нельзя будет работать даже при комнатной температуре.

Дело в том, что холодный костюм должен не только ограждать человека от внешнего теплопритока, но — и это не менее важно — обеспечивать отвод тепла, непрерывно вырабатываемого самим организмом.

Подобно тому, как в двигателе происходит превращение химической энергии топлива в механическую энергию движения, так и в организме человека идет процесс превращения химической энергии питательных веществ в механическую энергию движения мышц.

Но оба эти процесса превращения энергии далеки от совершенства. Коэффициент полезного действия, то есть отношение полученной механической энергии к затраченной химической энергии, относительно невысок и у двигателей, и у человеческого организма. У паровых двигателей он составляет 10—18 процентов, у двигателей внутреннего сгорания 25—33 процента. Коэффициент полезного действия человеческого организма равен примерно 18—25 процентам. Остальная энергия выделяется в виде тепла и передается в основном окружающему воздуху.

Для непрерывного отвода вырабатываемой теплоты нужно, чтобы температура воздуха была ниже 35 градусов — температуры поверхности человеческого тела. Воздух с более высокой температурой не только не охлаждает человека, но, наоборот, дополнительно нагревает его. В таком положении единственным путем теплоотвода остается испарение.

На поверхности нашего тела расположено свыше двух миллионов потовых желез. Затрачивая тепло на испарение выделенного пота, кожа охлаждается и в свою очередь понижает температуру крови, приносящей к ней тепло из внутренних органов. Однако испарение возможно лишь в том случае, если в воздухе содержится мало влаги.

Количество тепла, вырабатываемого человеческим организмом, зависит в основном от интенсивности выполняемой работы. Но даже при полном покое выделяется около 80 больших калорий тепла в час. Этого количества достаточно, чтобы расплавить один килограмм льда.

При физической работе количество вырабатываемого тепла резко возрастает, достигая при усилиях средней интенсивности 400 больших калорий в час. Если это тепло не отводить, температура тела начнет быстро повышаться. Поэтому даже непродолжительное пребывание в горячей и влажной атмосфере грозит организму перегревом, тепловым ударом и смертью.

«ЛЕГКИЙ» КОНКУРС

НЕСКОЛЬКО лет назад Управление горноспасательных частей Министерства угольной промышленности объявило конкурс на проект теплозащитного костюма для горноспасателей. В этом конкурсе приняли участие и авторы этой статьи.

Сначала условия конкурса показались нам предельно простыми. В дополнение к применяемому горноспасательному респиратору — защитному дыхательному аппарату — нужно было создать теплозащитный костюм, рассчитанный на двухчасовую работу при температуре воздуха от 45 до 75 градусов. Вес костюма не должен был превышать 10 килограммов.

Казалось бы — что здесь сложного? Буквально через пять минут решение было найдено. Костюм должен защищать человека от нагретого шахтного воздуха, значит, нужно делать комбинезон с надежной теплоизоляцией. Но тепло вырабатывается и самим человеком. Поэтому для его отвода в костюме должен быть запас холодильного вещества и вентилирующее устройство для равномерного охлаждения. Причем для нормального самочувствия необходимо, чтобы 40 процентов тепла отводилось от головы работающего, 30 — от груди и 30 — от рук и ног.

Принципальный расчет теплозащитного костюма не сложен. Нужно решить одно уравнение с одним неизвестным. В левой части уравнения два слагаемых: внешний теплоприток и тепло, вырабатываемое организмом. В правой части — произведение удельной теплоты плавления (или испарения) холодильного вещества на искомый вес этого вещества в костюме. Смысл уравнения прост: теплоприток в подкостюмное пространство должен быть равен теплоотводу за счет запасенного охлаждающего вещества.

Воружившись справочниками, мы приступили к расчетам. Оказалось, что теплоприток через стенки комбинезона составит за два часа не менее 500 больших калорий, а телота, вырабатываемая организмом при работе — 800 больших калорий. Итого 1300 больших калорий.

В качестве охлаждающего вещества мы решили использовать лед. При плавлении каждый килограмм льда поглощает 80 больших калорий. Образовавшаяся вода, нагретая до 20 градусов, поглощает еще 20 больших калорий. Таким образом охлаждающая способность одного килограмма льда — 100 больших калорий. Оставалось подставить найденные значения в уравнение и определить необходимое количество льда. Мы так и сделали и получили ответ: 13 килограммов. Результат малоудовлетворительный — вместе с комбинезоном, шлемом, теплозащитной, радиаторами, вентиляционной системой получалось что-то около 25 килограммов. В два с половиной раза больше, чем допускали условия конкурса...

Весовая нагрузка на человека не должна превышать 28—30 килограммов, иначе он не сможет работать. Инструменты горноспасателя весят 7 килограммов, респиратор — 11—13. Именно поэтому условия конкурса и ограничивали вес теплозащитного костюма 8—10 килограммами.

Задача оказалась не такой уж простой...



В теплозащитном костюме можно беззаказанно пройти сквозь бушующую пламя.

Мы попытались заменить лед другими охлаждающими веществами: сжиженным аммиаком, сухим льдом, фреоном. Результат почти не изменился. Теплозащитный костюм получился недопустимо громоздким и тяжелым.

ОБОДНЫЙ МАНЕВР

Что можно было сделать? Уменьшить запас льда? Костюм стал бы легче, но зато и охлаждал бы человека хуже. Оставить вес рассчитанным? Тогда костюм будет хорошо защищать от тепла, но работа в нем из-за перегрузки окажется практически невозможной. Выигрывая в одном, мы проигрывали в другом.

Искусство изобретателя состоит в преодолении таких противоречий. И один из приемов решения таких задач — обходной маневр.

Костюм, предназначенный только для защиты от тепла, создать очень трудно. Зато более широкая задача: создать костюм, защищающий одновременно и от тепла и от вредного действия ядовитых газов — оказалась гораздо легче. Удивительно? Нет. Ведь комбинированный теплогазозащитный костюм исключает необходимость в респираторе, весом 11—13 килограммов. А это значит, что на столько же можно увеличить вес костюма.

Понятно, что в таком комбинированном костюме должно быть вещество, используемое и для дыхания и для охлаждения. Таким веществом может быть только сжиженный кислород. Каждый килограмм его при испарении и нагревании поглощает много тепла — 100 больших калорий. Нагретый до нормальной температуры, он идет на дыхание. В костюме может быть размещено 15—16 килограммов сжиженного кислорода. Это количество полностью обеспечит дыхание и охлаждение.

Так и получилось, что более сложная, на первый взгляд, задача, решалась намного проще. Случай довольно частый в изобретательской практике.

Итак, принцип был найден. Но немалые трудности возникли и при конструктивной разработке комбинированного костюма.

НЕУДАЧА «НЕПРОЛИВАЙКИ»

Температура жидкого кислорода да минус 183 градуса. Причем он непрерывно испаряется. Это значит, что из резервуара, где он хранится, нужно постоянно отводить газообразный кислород, иначе сосуд разорвется. В то же время нельзя допустить, чтобы жидкий кислород из баллона проливался внутрь комбинезона. А ведь горноспасателю приходится работать в самых различных положениях: стоя, сидя, лежа на боку или на спине.

У жидкого кислорода своеобразные свойства. Ставь, погруженная в него, становится хрупкой и легко ломается. Резина теряет эластичность. И в то же время небольшое количество жидкого кислорода совершенно безопасно для человеческого тела.

Все вероятно видели, как «бегает» капля воды, упавшая на раскаленную плиту. Дело в том, что из-за высокой температуры плита часть воды мгновенно превращается в пар. Между каплей и плитой образуется газовая прослойка. Она-то и защищает каплю от быстрого испарения.

Такой же раскаленной плитой для жидкого кислорода является человеческое тело. Именно поэтому можно без опасений капнуть (но именно капнуть, а не налить!) на руку жидкий кислород: газовая подушка защитит живую ткань от чрезмерного переохлаждения. Опытные же экспериментаторы ухищряются направлять струю жидкого кислорода даже в рот...

Но в резервуаре теплозащитного костюма должно быть 15—16 килограммов жидкого кислорода. Пролежал такое количество, и получится настоящий душ, и притом очень опасный душ.

Поэтому резервуар необходимо сделать таким, чтобы жидкий кислород

из него не выливался, а газообразный свободно выходил бы при любом положении горноспасателя.

И эта задача сначала казалась не сложной. Всем знаком черныльница «непродивайка». Ее можно положить на бок, даже опрокинуть — черныль из нее все равно не выльется. Ценным свойством «непродивайки» была вставленная внутрь конусу со сквозным каналом, заменяющему обычное отверстие. Однако все владельцы таких черныльниц знают, что для успешного пользования ими необходимо соблюдать одно условие: черныль в них можно заливать не больше, чем наполовину.

Первоначально мы решили построить резервуар для жидкого кислорода по принципу «непродивайки». Но очень скоро пришлось от этого отказаться. Ведь и здесь для надежной работы можно было бы использовать только половину объема резервуара. А это сделало бы его слишком громоздким и тяжелым. «Непродивайку» пришлось забраковать.

ВСЕГДА СВЕРХУ

ЗАДАЧА была решена иначе. В четырех углах резервуара сделали газотводные отверстия. К каждой из них подключили трубку, проходящую над всеми остальными отверстиями снаружи резервуара.

Нетрудно убедиться (звиза, например, спичечную коробку и нарисован на ней отверстия), что при любом положении резервуара одно из четырех отверстий всегда будет выше уровня жидкости и, следовательно, газ будет свободно поступать в костюм. В то же время жидкость не попадает в костюм через отверстие, расположенное ниже уровня жидкости. Чтобы вытеснить жидкость, должна будет пройти по трубке, огибавшей все отверстия резервуара. Но как уже было сказано, хотя бы одно из них находится выше уровня жидкости в резервуаре и по правилу сообщающихся сосудов жидкость через это отрезок трубки не пройдет.

Такая конструкция позволила почти полностью использовать объем резервуара.

По внешнему виду газотеплозащитный костюм похож на водолазный скафандр. Прочная двойная оболочка костюма сделана из негорючей стекляной ткани и покрыта изнутри герметизирующим составом. Стеклокани в десятки раз прочнее обычных стали. Высокие механические качества стекляных тканей сохраняются до 650 градусов.

Голова работающего в таком костюме защищена дюралевым шлемом с внутренней теплоизоляцией. Резервуар жидкого кислорода укрепляется на спине, под комбинезоном. Теплоизоляция резервуара рассчитана так, что весь запас жидкого кислорода испаряется за 4 часа работы.

В резервуаре имеется сквозной канал, по оси которого расположен инжектор — прибор, работающий по принципу пульверизатора. Испарив-



Теплозащитный костюм с жидким кислородом:

- 1 — газонепроницаемый комбинезон;
- 2 — дюралевый шлем с иллюминатором из небоющегося теплостойкого стекла;
- 3 — резервуар с жидким кислородом;
- 4 — инжектор;
- 5 — сквозной канал в резервуаре;
- 6 — дыхательный клапан;
- 7 — выдыхательный клапан;
- 8 — заслонка, регулирующая интенсивность вентиляции.

ший кислород, вытекая с большой скоростью из инжектора, увлекает за собой теплый воздух. Смешиваясь с ним, кислород его охлаждает. Регулируя поступление теплого воздуха при помощи заслонки, расположенной у входа в сквозной канал, можно изменить интенсивность вентиляции и охлаждения в подкостюмном пространстве.

С запасом жидкого кислорода в 15—16 килограммов в таком костюме можно работать 4 часа при температуре воздуха 50 градусов, 2 часа — при 100 и 30 минут — при 250 градусах. Высокие теплозащитные свойства костюма позволяют проникать при пожарах к самым источникам огня.

Первый экспериментальный образец комбинированного костюма был изготовлен и успешно испытан в 1952 году на одной из шахт комбината «Воркутауголь». Целью дальнейшей работы было увеличение защитной мощности костюма.

При работе костюма вес его быстро уменьшается за счет использования кислорода для дыхания. Поэтому средний вес костюма не превышает 14—15 килограммов. А именно он и определяет утомляемость человека. Это обстоятельство позволяет повысить начальный вес костюма, увеличить запас жидкого кислорода. В таком костюме можно было смело войти в нагретую до вишневого каления печь...

ЕЩЕ ОДНА ПОКОРЕННАЯ СТИХИЯ

СУЩЕСТВУЮТ и другие конструкции теплозащитных костюмов. Группа советских конструкторов под руководством инженера В. Балтайтиса создала теплозащитный костюм, использующий «сухой лед» — твердую углекислоту. Создание такого костюма оказалось возможным благодаря появлению новых дыхательных приборов, более легких и компактных, чем старые. Это позволило увеличить запас холододильного вещества — сухого льда.

В этих костюмах вентиляция осуществляется энергией сжатого кислорода, заключенного в специальный баллончик. Поступая в инжектор под большим давлением, кислород увлекает за собой теплый воздух и прогоняет его через холодильники с сухим льдом и патрон для очистки воздуха от углекислоты. Костюм позволяет работать при температуре до плюс 120 градусов.

Эти теплозащитные костюмы успешно прошли испытания на шахтах Донбасса. У них есть существенное преимущество перед жидкостными: сухой лед дешевле сжиженного кислорода и лучше сохраняется. Однако жидкостные костюмы рассчитаны на более высокую внешнюю температуру и имеют значительно большую продолжительность действия.

В арсенале горноспасательной и пожарной техники каждая конструкция теплозащитных костюмов найдет свое место.

Мощные теплозащитные костюмы позволяют горноспасателям проникать к самым очагам подземных пожаров, быстро гасить огонь, спасать оставшихся в шахте горняков. Пожарные команды смогут проникать внутрь горящих зданий и бороться с огнем на коротких дистанциях.

Широко применение найдут теплозащитные костюмы при горячем ремонте печей, котельных агрегатов, нагревательных установок.

В химической промышленности использование таких костюмов позволит быстро ремонтировать различную химическую аппаратуру, работающую при высоких температурах.

В теплозащитных скафандрах выйдут из ракетно-лунные первые путешественники, прилетевшие на Венеру и Меркурий. На Венере температура достигает 80 градусов, а на Меркурии — 400 градусов. И только мощные холодильные скафандры смогут защитить будущих отважных исследователей этих планет от испепеляющего жара.

Итак, человеку стала не страшна еще одна стихия: стихия огня и высоких температур. И в память о древней мечте на крышке резервуара первых жидкостных теплозащитных костюмов выбито изображение легендарной птицы Феникс, брошенной много тысячелетий назад смелый вывоз огня.

На цветной вкладке изображена высадка космонавтов в теплозащитных костюмах на Меркурий. Рисунок художника Н. ГРИШИНА.



С новыми
годами,
товарищи!

19/1/77

