

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ

межотраслевой  
производственно-практический

ЖУРНАЛ

**ИНЖЕНЕР-  
МЕХАНИК**

№ 2 (43)  
апрель – июнь  
2009

# НОБЕЛЕВСКИЕ ПРЕМИИ И НОБЕЛЕВСКИЕ ИНСТИТУТЫ



## Академик Жорес Алферов —

лауреат Нобелевской премии в области физики за 2000 год. Он один из крупнейших ученых современности в области техники полупроводников, его работы получили широкую известность и мировое признание, вошли в учебники и монографии. Едва ли не каждый житель планеты ежедневно пользуется научными разработ-

Во всех мобильных телефонах есть гетеродинамики, созданные им. Без «лазера Алферова» не работают лазерные диоды, лазерные диоды компакт-дисков и дисководы современных компьютеров. Это открытие используется и в фарах автомобилей. В работе супермаркетов — декодерах товаров — используется его открытие. Алферов известен как российский ученый, тем

# ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 2 (43)  
апрель – июнь  
2009

Республиканский межотраслевой производственно-практический журнал  
Издается с июля 1998 года  
Выходит один раз в три месяца

Учредитель — Белорусское общество инженеров-механиков

Главный редактор академик С.А. Астапчик

Редакционная коллегия: М.С. Высоцкий, М.А. Андреев, В.А. Ганжа, В.Н. Дашков, А.М. Захарик, А.Б. Зуев, В.Л. Колпащиков, Л.Н. Крупец, Д.И. Корольков, Г.С. Лягушев, Е.И. Медвецкий, М.Г. Мелешко, С.А. Чижик

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Купревича, 10 (ранее Жодинская, 4)

тел./ факс 203-88-80; 226-73-36

E-mail: mail@boim.by

Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс 00139

Компьютерная верстка Н.В. Райченко

Подписано в печать 29.06.2009

Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Усл. печ. л. 5. Уч.-изд. л. Тираж 400 экз. Заказ № 145. Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ГНУ «Физико-техническом институте НАН Беларуси». Лицензия ЛП № 02330/0494176 от 3.04.2009 г. 220141, г. Минск, ул. Купревича, 10.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Разработки ученых и специалистов

- Повышение надежности и энергосбережения за счет применения эпиламирования.....2
- О некоторых вопросах применения технических устройств и нормативных правовых актов в области котлонадзора.....8
- Отопительные технологии от фирмы «KÜBLER».....9
- Метод борьбы с глобальным потеплением земли.....15
- Оценка ресурса сварных металлоконструкций грузоподъемных кранов.....16
- Некоторые вопросы эксплуатации канатов грузоподъемных механизмов.....21
- Краткая инструкция по эксплуатации канатных канатов.....23
- Парогазогенератор для тепловлажностной обработки строительных материалов.....25
- Вместо бензина — газ.....26
- Особенности применения частотно-регулируемых приводов во взрывоопасных зонах.....29
- Вибрационные рессорно-стержневые мельницы.....32
- Письмо в редакцию**
- Письмо в редакцию.....36
- Нобелевские премии и Нобелевские институты**
- Нобелевские премии и Нобелевские институты.....37
- Из истории авиации**
- Противостояние летающих монстров.....42
- ОО «БОИМ» предлагает.....48**

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭПИЛАМИРОВАНИЯ

Гриценко П.А., Козлович П.А.

УО «Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина»

Проблема уменьшения износа рабочих поверхностей в узлах трения для повышения их надежности и эксплуатационного ресурса имеет важное значение. В связи с этим большой практический интерес для промышленных предприятий представляет эффективный метод физико-химического воздействия на поверхности трения — эпиламирование, применение которого позволяет значительно повысить износостойкость сопряженных деталей, режущего, штамповочного и другого металлообрабатывающего инструмента.

Эпиламирование — это процесс нанесения фторсодержащего поверхностно-активного вещества (фтор-ПАВ) — эпилама — на поверхность твердого тела, в результате чего на обработанной поверхности образуется специальное защитное покрытие в виде мономолекулярной пленки толщиной 40–80 Å специальным образом ориентированных молекул фтор-ПАВ. Сформированное тонкопленочное покрытие понижает поверхностную энергию твердых тел (для металлов до 2...4 МДж/м<sup>2</sup>), что позволяет регулировать прилипание, смачивание, адгезию и другие параметры, хорошо удерживается на поверхности различных материалов благодаря высокой адсорбционной способности, не смываемо при многократных промывках различными стандартными промывочными жидкостями, выдерживает давление до 3500 Н/м<sup>2</sup>, термостабильно до 250 °С. Обработка эпиламом узлов трения предотвращает растекание практически любых смазочных масел из зоны трения, а при его отсутствии обеспечивает снижение коэффициента трения, предохраняет металлические поверхности от коррозии, водородного изнашивания, в результате чего повышается срок службы, точность и надежность работы механизмов.

Благодаря своим свойствам, эпиламы нашли применение в часовой промышленности, машиностроении для повышения ресурса работы узлов трения, в приборостроении для обеспечения

влагозащиты и сохранения стабильных электро-механических и радиотехнических характеристик электронных печатных плат, волноводов, антенных устройств и т.п., нефтяной отрасли для снижения потерь при транспортировании нефти и газа по трубопроводам, для повышения эффективности технологических процессов обработки материалов давлением и резанием.

Разработаны и внедрены эпиламы Эфрен-1, Эфрен-2 (Э1, Э2), 6СФК-180-05(-20) (СК), Амидофен (АФ), Полизам (Полизам 05(20), Полизам-АКВА и др.), ЗПМ и др. Данные составы представляют собой растворы фторсодержащих поверхностно-активных веществ в легколетучем растворителе. При контакте твердого тела с раствором, ПАВ адсорбируется на поверхности, при этом ПАВ и растворитель выбираются таким образом, чтобы в процессе адсорбции молекул ПАВ обеспечивалась такая структура, когда полярная часть молекулы адсорбируется твердым телом, а гидрофобная часть направлена от тела. Благодаря этому в процессе эпиламирования высокая поверхностная энергия твердого тела заменяется на поверхностную энергию гидрофобного радикала молекулы ПАВ.

Применяемые эпиламы можно классифицировать: по природе ПАВ; по виду растворителей (фторуглеродородный, фторхлоруглеродородный растворитель или их смеси с этиловым, метиловым и другими спиртами, ацетон); концентрации фтор-ПАВ в растворах, влияющей на формирование моно- или мультимолекулярных слоев димеров; по механизму формирования молекулярных пленок (физическая адсорбция, хемосорбция).

Технология нанесения тонкопленочного покрытия достаточно проста и может быть применена непосредственно в производственных условиях. *Разработаны несколько технологических процессов эпиламирования* — это нанесение кистью, ватным тампоном, пульверизатором, погружением, кипячением в растворе. Выбор метода

определяется свойствами обрабатываемого материала, размерами деталей и условиями их работы. Наибольшее распространение получили: метод окунания с последующей сушкой на воздухе (холодное эпиламирование); метод окунания с последующим термостатированием; метод кипячения с последующей сушкой на воздухе (горячее эпиламирование). Для механизации процесса эпиламирования разработаны установки типа «Эпилам», а для его интенсификации и улучшения трибологических свойств сопряжений используют энергию ультразвуковых колебаний.

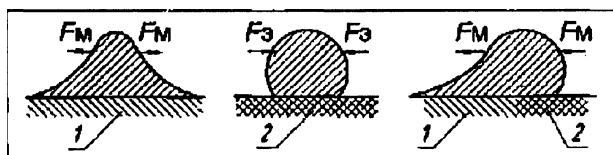


Рис. 1. Схема поведения капли на поверхности твердого тела при различных условиях смачивания: 1 – поверхность металла; 2 – эпиламированная поверхность;  $F_M$ ,  $F_Э$  – силы поверхностного напряжения соответственно на поверхности материала и эпиламированной

Результаты лабораторных испытаний, практического применения эпиламированных трибосопряжений указывают на высокую эффективность метода. Так, внедрение эпиламирования в локомотивных депо Гомеля и Жлобина Белорусских железных дорог позволило снизить износ моторно-осевых и подшипников качения тяговых электродвигателей в 4 раза [1], применение совместно финишной антифрикционной безабразивной обработки (ФАБО) и эпиламирования позволило снизить износ коленчатого вала, распределительного вала и других деталей двигателя ЗМЗ-53 в 3–4 раза [2] и т.д.

В работах [3–6, 10, 11, 14] приведены результаты экспериментальных исследований по применению эпиламирования для повышения стойкости различного режущего инструмента (резцы, сверла, метчики, концевые фрезы, ножовочные полотна и т.д.), изготовленного из быстрорежущих сталей, оснащенного твердосплавными пластинами, где метод применяется и как самостоятельный процесс, а также является одним из элементов комбинированного процесса (покрытия TiN, (Zr, Cr)N, (Ti, Zr, Mo)N и другие плюс эпилам). В ходе испытаний инструмента, исследований контактных характеристик процесса резания установлено, что эпиламирование способствует снижению составляющих сил резания на 5–20 %, температуры в

зоне контакта — до 70...80 °С, интенсивности развития очагов изнашивания передней и задней поверхностей инструмента и т.д., что в целом позволяет повысить стойкость инструмента в 1,5 и более раз. Также анализ литературных данных по эффективности различных методов повышения работоспособности режущего инструмента и в частности периода стойкости быстрорежущих сверл показывает, что эпиламирование является наиболее эффективным методом увеличения стойкости инструмента.

Однако попытки использовать метод в реальном производстве не всегда дают положительные результаты, что приводит к нерациональному использованию средств по подготовке и эксплуатации инструмента с покрытием. Это связано с отсутствием ясного понимания природы эпиламов и механизмов их действия в процессе резания, а также рекомендаций по эксплуатации и обслуживанию эпиламированного инструмента.

Для объяснения природы действия фтор-ПАВ при различных условиях эксплуатации выдвигаются следующие предположения:

1) поверхности с защитной молекулярной пленкой препятствуют растеканию масла из зоны трения вследствие истирания или искусственного создания участков с различной поверхностной энергией [7, 11–14.];

2) при нанесении молекулы ПАВ заполняют микровпадины и микронеровности (шероховатость поверхности снижается в 2,0...2,5 раза), образуют структуры Ленгмюра в виде спиралей с нормально направленными к поверхности материала осями, что позволяет надежно удерживать смазочные среды, обеспечивает нерастекаемость масел и предотвращение их сдвига [2, 11–13];

3) при эпиламировании резко снижается поверхностная твердость и прочность твердых тел, в связи с чем повышается эффективность процессов дробления и измельчения металлов [8, 11, 13];

4) покрытие эпиламом упрочняет поверхностные слои, повышая износостойкость материала.

Анализ результатов исследований и применения покрытий эпиламов в различных узлах трения показывает:

♦ **основная функция эпиламов** — удерживать смазочные масла в зоне трения в результате изменения поверхностной энергии твердых тел в процессе работы [2, 11–13];

♦ снижение коэффициента трения при применении покрытия без смазки возможно только при определенных давлении, температуре  $T$  в зоне контакта и скорости скольжения сопрягаемых поверхностей;

♦ изменение микротвердости поверхностного слоя зависит от физико-химических свойств материала;

♦ при нанесении тонкопленочного покрытия шероховатость поверхности не изменяется, т.к. его толщина составляет 3...50 нм;

♦ оптимальные параметры эксплуатации покрытий находятся в достаточно ограниченной области значений скорости скольжения и соответственно температуры поверхностей трения, изнашивание пленок практически линейно возрастает при увеличении пути трения и температуры в зоне контакта [1–9];

♦ действенность применения зависит от состава применяемых масел.

Задачей проведенных исследований являлось определение влияния покрытий эпиламов на состояние поверхностного слоя инструмента и процесс резания при сверлении, выбор условий эффективного применения эпиламированного быстрорежущего инструмента при обработке отверстий.

При проведении исследований использовались эпиламы Эфрен-2 (Э-2) и 6СФК-180-05 (СК), представляющие собой соответственно 0,05 и 0,5 % — растворы перфторполиэфиркислоты 6МФК-180 общего вида (i/COOH) в хладоне 113. Эпиламирование выполняли по технологиям, рекомендуемым производителем для нанесения данных составов.

Исследования влияния фторсодержащих поверхностно-активных веществ на состояние поверхностного слоя быстрорежущих сверл показали, что формирование полимолекулярного слоя фтор-ПАВ не влияет на микрорельеф и микротвердость рабочих поверхностей инструмента.

Для сокращения количества дорогостоящих экспериментальных исследований по изучению влияния режимов резания и условий сверления (без и с применением масляных и водосмешиваемых смазочно-охлаждающих технологических средств) на состояние пленок эпиламов были проведены трибологические испытания по специально разработанной методике [10]. В ходе исследований установлено: при обработке эпиламированным инструментом наиболее эффективно использовать масляные СОТС, при работе без СОТС наблюдается быстрое истирание покрытия; увеличение скорости резания над предельно допустимой по теплостойкости пленок эпиламов снижает эффективность эпиламирования; для более эффективной эксплуатации тонкопленочных покрытий в процессе резания необходимо производить подбор марок масляных СОТС.

Для изучения влияния тонкопленочного по-

крытия на процесс теплообразования при сверлении при различных условиях резания и установления зависимости влияния пленок эпиламов на температуру резания от скорости резания  $v$  выполнены температурные исследования методом естественной термопары. Приведенные зависимости позволяют сделать вывод о том, что при малой скорости резания ( $v = 0,125$  м/с) тонкопленочное покрытие при обработке без СОТС способствует снижению ТЭДС вследствие уменьшения коэффициента трения и действует в данных условиях как смазочная композиция. При обработке с применением СОТС минимальные значения ТЭДС связаны со способностью пленок эпиламов удерживать смазку в зоне трения. Увеличение скорости резания и соответственно температуры резания приводит к снижению эффективности применения эпиламированного инструмента в связи с тепловой деструкцией покрытий эпиламов.

В Российской Федерации работы по эпиламированию начались проводится с 1980 г. рядом организаций [14]. Однако во исполнение директивы Президента РФ В. В. Путина об увеличении ВВП в 2 раза к 2008 г. в феврале 2004 г. организации РФ, занимающиеся эпиламированием, объединили свои усилия, создав «Альянс научно-промышленных технологий» по эпиламированию инструмента, деталей, блоков и узлов в промышленности.

По данным материалов [15] назначение, область применения эпиламов предприятия ООО «АВТОСТАНКОПРОМ» приводятся в табл. 1.

По данным научно-производственного предприятия ЗАО «АВТОКОНИНВЕСТ» [14] по состоянию на 1.01.2008 г. указаны цены (с учетом НДС), наименования, назначения область применения и эффект применения эпиламов в табл. 2.

#### Заключение

На основании обзора исследований и литературных источников [1–15] установлено следующее.

1. Эпиламирование состоит в образовании на поверхности детали пленки толщиной до 40 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ).

2. Величина поверхностной энергии определяется сортом эпилама и не зависит от эпиламируемого материала (сталь, резина и др.).

3. Обработка поверхностей трения в механизмах эпиламами позволяет значительно уменьшить износ рабочих поверхностей, увеличить эксплуатационный ресурс, снизить расходы на техническое обслуживание, ремонт и экономию горюче-смазочных материалов.

4. Процесс эпиламирования отвечает современным ресурсосберегающим технологиям, легко

Таблица 1

Наименование продукта	Название, область применения	Эффект применения
Эпилам 6СФК-180-05	Обработка нагруженных пар трения	Ресурс работы возрастает в 2–10 раз, трение снижается в 10 раз, снижается энергопотребление
	Обработка режущего инструмента	Стойкость повышается в 2–5 раз при одновременном снижении шероховатость обработанных поверхностей и повышенная скорости резания
	Обработка штампового вырубного и вытяжного инструмента	Стойкость вытяжных матриц и пуансона повышается в среднем в 2–4 раза при одновременном исключении их хромирования, стойкость вырубной оснастки повышается в 2–4 раза
	Обработка пресс-форм для литья изделий из пластмасс	Стойкость пресс-форм повышается в среднем в 2–4 раза, исключается их хромирование, исключает или снижается в 8–10 раз расход силиконовых смазок, повышается качество поверхности выход годных изделий, облегчается съём изделий с пресс-форм
	Обработка пресс-форм для вулканизации изделий из резины	Стойкость пресс-форм повышается в среднем в 3–4 раза, исключается хромирование инструмента, исключается применение силиконовых смазок
	Обработка измерительного инструмента в машиностроении	Снижение износа инструмента
	Обработка алюминиевых и алюминиймагниевого сплавов; защита лакокрасочных покрытий	Защита сплавов и ЛКП от атмосферной коррозии, особенно в труднодоступных местах
	Обработка деталей прецизионных узлов трения приборов и механизмов (часы, штурманские приборы и т.п.)	Кэфф. трения снижается в 8–10 раз; износ снижается в 2–5 раз; момент трогания снижается в 1000–10000 раз; предотвращается вытекание смазки
Эпилам ; «Эфрен-К» марка Б2, марка Н2	Для обработки микросборок, радиоплат печатного монтажа и изделий из алюминия, алюминемагниевых и магниевых сплавов	Защита микросборок, радиоплат от воздействия окружающих факторов, таких как влага, коррозия, пыль. Создание антикоррозийного покрытия на поверхностях изделий из металла и др. (алюминий, алюминемагниевые и магниевые сплавы)
Эпилам 6СФК-180-20 марка А	Обработка изделий из резины и пластмасс, деталей с драгоценными покрытиями	Уменьшается скорость старения в 2–3 раза и более; повышается химическая стойкость полимеров по схеме: нестойкие – ограниченно стойкие; ограниченно стойкие – стойкие снижается кэфф. трения; повышается износостойкость полимеров в парах трения в 2–5 раз; снижается толщина драгпокрытий как минимум в 2 раза в зависимости от их величины
Эпилам «Аквалин»	Противоизносная присадка к водоземulsionным СОЖ в процессах резания, шлифования, штамповки, прессования; в фотохимии	Эффект аналогичен эпиламу 6СФК-180-05. Особенностью является возможность нанесения через технологическую среду (смазочно-охлаждающую жидкость). Совмещение промывки, мойки и анти-адгезионной обработки фотошаблонов, снижение брака на 4–8 %. Модификация трубопроводов, позволяет снизить коррозию и уменьшить потери напора рабочих жидкостей (до 20 %)
Эпилам «КАМП»	Маслосовместимая композиция для использования в узлах трения, добавка ко всем видам моторных и трансмиссионных масел, гидрожидкостей	Облегчает «холодный пуск» двигателей внутреннего сгорания, снижает расход топлива, увеличивает компрессию и мощность двигателя. Усиливает антикоррозионные свойства, охлаждающих жидкостей как вновь заливаемых, так и обработавших ресурс, повышает точность, позиционирования станков с ЧПУ в сочетании с противоскачковым маслом, снижает кэфф. трения и расход электроэнергии, повышает ресурс и долговечность деталей

Таблица 2

№ п/п	Продукт	Краткое описание	Цена*, руб./кг
1	Эпилам «АВТОКОН-0,5» ТУ 2229008-2799197095	Раствор фторсодержащего ПАВ для обработки прессы и литьевых форм, штампов, металлорежущих и деревообрабатывающих инструментов. Повышает их износостойкость и гидрофобные свойства	2650
2	Эпилам «АВТОКОН-20» ТУ 2229008-2799197095	Раствор фторсодержащего ПАВ для обработки полимерных, в т.ч. резинотехнических изделий. Повышает их износо-, водо-, бензостойкость	3150
3	Защитная резьбовая высокотемпературная паста ЗРВП-УДАР ТУ 0254017-2799197096	Предназначена для защиты от термоокислительного и коррозионного схватывания крепежных изделий (болтов, гаек, муфт и т.п.), а также для смазки подшипников и направляющих печных вагонеток, установок термического и каталитического крекинга, печей для коксования, котлов, оборудования горнодобывающей, нефтяной и газовой промышленности (рабочий диапазон температур 30...+800°C)	972
4	Защитная резьбовая паста ЗРП-УДАР ТУ 02540 17-2799 197096	Предназначена для защиты от коррозионного схватывания крепежных изделий, а так же для смазки узлов трения (рабочий диапазон температур -30...+200°C)	378
5	Модификатор «УМ-2» ТУ 2229002-2799197094	Противоизносная добавка к смазочным маслам на основе пиламов. Применяется для станков, компрессоров, редукторов, подшипников, трансмиссий и ДВС	450 за флакон 200 мл
6	Ингибитор коррозии «Телаз-Л» 100% ТУ 2461060-2799197002	Используется при приготовлении консервационных составов, смазок, грунтов и паст для защиты изделий из черных металлов от атмосферной коррозии	123,70
7	Ингибитор коррозии «Телаз-Л» (50% р-р в И-20А) ТУ 2461060-2799197002		81,90
8	Ингибитор коррозии «Телаз-ЛС» 100% ТУ 2461060-2799197002	Используется при приготовлении консервационных составов, смазок, грунтов и паст для защиты изделий из цветных и черных металлов от атмосферной коррозии	148,47
9	Ингибитор коррозии «Телаз-ЛС» (50%-ый р-р в И-20А) ТУ 2461-060-2799197002		94,20
10	Ингибитор коррозии водорастворимый «Телаз-А» 100 % ТУ 2461060-2799197002	Используется для межоперационной защиты деталей от атмосферной коррозии. Придает антикоррозионные свойства вододисперсионным ЛКМ, СОЖ, ТМС	136,50
11	Ингибитор коррозии водорастворимый «Телаз-СК» ТУ 2461060-2799197002	Используется для предотвращения коррозии металлических изделий, находящихся в помещениях с повышенным содержанием паров соляной кислоты	102,36
12	Консервационное масло «АВТОКОН-Л» ТУ 2389059-2799197000	Консервационное масло на основе ингибитора «Телаз-Л» для защиты изделий из черных металлов (проволока, метизы, сталеπροкат, приводные цепи, стрелковое оружие и т.п.) от коррозии. Пропитывает ржавчину и останавливает коррозию	53,64
13	Консервационное масло «АВТОКОН-ЛС» ТУ 2389059-2799197000	Консервационное масло на основе ингибитора «Телаз-ЛС» для защиты изделий из цветных и черных металлов от коррозии	58,70
14	Эмульгатор «Телаз-15» ТУ 2433061-2799197004	Высокоэффективная добавка для эмульсионных алкидных, алкидно-нефтеполимерных ЛКМ	160
15	Диспергатор «Телаз» ТУ 2433061-2799197004	Диспергирующая добавка для алкидных ЛКМ	129,8



вписывается в существующие производства, не требует капитальных затрат, высокоэффективен в условиях единичного, серийного и массового производства.

5. Для дальнейшего широкого распространения процесса эпиламирования в РБ необходимо изучить опыт РФ [14, 15] и проводить поэтапное его освоение с целью накопления опыта применения эпиламов.

### Литература

1. Напреев, И.С. Управление трибологическими характеристиками подшипниковых узлов методом эпиламирования: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / И.С. Напреев. — Гомель, 1998. — 21 с.
2. Харченко, М.И. Повышение послеремонтного ресурса деталей автомобильных двигателей (на примере ЗМЗ-53) эпиламированием и ФАБО-эпиламированием: дис. канд. техн. наук: 05.02.03 / М.И. Харченко. — М., 2002. — 180 с.
3. Эпиламирование режущего инструмента / В.Л. Потеха [и др.] // Электрическая и тепловозная тяга. — 1990. — № 10. — С. 31.
4. Повышение работоспособности инструмента из быстрорежущей стали. Физикохимия процесса резания металлов / В.П. Табаков, Ю.Н. Николаев, С.А. Журавский // Межвузовский сб., Чебоксары: ЧГУ, 1986. — С. 51–55.
5. Мигранов, М.Ш. Пути повышения эффективности механической обработки резанием / М.Ш. Мигранов, Л.Ш. Шустер // Технология машиностроения. — 2004. — № 5. — С. 19–22.
6. Гулянский, Л.Г. Применение эпиламирования для повышения износостойкости изделий / Л.Г. Гулянский // Трение и износ. — 1992. — Т. 13, № 4. — С. 695–701.
7. Природа и механизмы действия эпиламов при трении. Влияние эпиламирования на структуру и поверхностную энергию металла / И.И. Гарбар [и др.] // Трение и износ. — 1990. — Т. 11, № 5. — С. 792–800.
8. Полянсков, Ю.В. Технологические методы повышения износостойкости режущего инструмента и деталей машин: учеб. пособие / Ю.В. Полянсков, В.П. Табаков, А.П. Тамарова. — Ульяновск: УЛГУ, 1999. — 69 с.
9. Потеха, В.Л. Теоретико-экспериментальная оценка оптимальных условий эксплуатации эпиламированных трибосопряжений машин / В.Л. Потеха, А.В. Рогачев, И.С. Напреев // Трение и износ. — 1996. — Т. 17, № 6. — С. 764–768.
10. Киричек А.В. Повышение периода стойкости быстрорежущего осевого инструмента эпиламированием / А.В. Киричек, Е.А. Звягина // Трибология — машиностроению: сб. докл. научн.-практ. конф. с участ. иностр. спец. — М.: ИМАШ, РАН, 2006.
11. Эффективность и перспективы применения новых эпиламов в машиностроении / С.М. Кудрявцев [и др.]. — Минск: Белорусский НИИНТИ и ТЭИ, 1988. — 41 с.
12. Лященко, М.Н. Увеличение срока службы машин и механизмов / М.Н. Лященко, С.М. Гайдай // Техномир. — 2004. — № 1 (19). — С. 18–20.
13. Вохидов, А.С. Эффективность применения эпиламирующих составов в промышленности / А.С. Вохидов, М.В. Малько // Промышленные регионы промышленности: специализированный журнал. — 2007.
14. Проспекты предприятий, связанных с эпиламированием: ЗАО «Автоконинвест» (г. Москва), НПО «Автокон» (г. Москва), ООО «Микромеханика», центр защитных технологий «Эгида» (г. С.-Петербург), НПО «Российские инновационные технологии» (г. Тверь ) и др., — 2008.
15. Альянс научно-промышленных технологий. Инф. материал 1–1831–3001. Долговечность и ресурсосбережение за счет применения эпиламирующих составов в промышленности. — М.: ООО «Автостанкопром», 2005.

# О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ В ОБЛАСТИ КОТЛОНаДЗОРА

*Чугунов А.Д.*

*Заместитель начальника управления по котлонадзору Госпромнадзора МЧС  
Республики Беларусь*

В последнее время в Госпромнадзор Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от субъектов хозяйствования поступает ряд вопросов, касающихся трактовки отдельных понятий, приведенных в нормативных правовых актах, а также применения отдельных технических устройств, устанавливаемых на объектах котлонадзора (в котельных, трубопроводах пара и горячей воды, сосудах, работающих под давлением).

В связи с поступающими от субъектов хозяйствования запросами возникла необходимость в разъяснении отдельных вопросов.

**Получение разрешения Госпромнадзора Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь на право изготовления для потребителей республики отдельных технических устройств и их элементов**

Получение разрешения Госпромнадзора на изготовление требуется только для технических устройств, подлежащих экспертизе промышленной безопасности.

Перечень технических устройств, подлежащих экспертизе промышленной безопасности, приведен в приложении № 3 к Инструкции о проведении экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов, утвержденной постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 16.12.2004 № 47 (в редакции постановления МЧС от 16.06.2008 № 52), зарегистрированной в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 08.07.2008 № 160, 8/19028.

На технические устройства, не вошедшие в указанный выше перечень, получение разрешения Госпромнадзора не требуется.

**О получении сертификатов соответствия на водогрейные котлы**

В соответствии с Постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики

Беларусь от 14.12.2007 № 64 «О внесении изменений и дополнений в постановление Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 08.10.2007 г. № 51», зарегистрированном в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 04.01.2008 № 8/17867, обязательному подтверждению соответствия подлежат котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью до 100 кВт, изготовленные в соответствии с ГОСТ 20548. Требования введены в действие с 1 июля 2008 г.

Указанные котлы производительностью 100 кВт и более не подлежат обязательной сертификации. На их изготовление (независимо от места нахождения организации-изготовителя) необходимо получение разрешения Госпромнадзора.

При наличии на котлы (независимо от их производительности) сертификата соответствия Республики Беларусь, получение разрешения Госпромнадзора на их изготовление не требуется.

**О согласовании проектов транспортабельных и передвижных котельных**

В соответствии с требованиями нормативных правовых актов Республики Беларусь согласование проектов требуется только для транспортабельных и передвижных котельных, т.е. тех котельных, которые по своей функции будут постоянно (с разной периодичностью) передвигаться по дорогам республики.

В случае проектирования блочно-модульных котельных, предусмотренных для работы в стационарном положении, согласование их проектов не требуется. При этом при проектировании указанных котельных должны быть соблюдены все требования, изложенные в нормативных правовых и технических нормативных правовых актах, действующих в Республике Беларусь.

**О понятии термина «барабан котла»**

Барабан стационарного котла — элемент стаци-

онарного котла, предназначенный для сбора и раздачи рабочей среды, для отделения пара от воды, очистки пара, обеспечения запаса воды в котле (ГОСТ 23172-78 «Котлы стационарные. Термины и определения»). В связи с указанным определением выпускаемые как отечественными, так и зарубежными организациями-изготовителями, жаротрубные котлы относятся к котлам барабанного типа.

#### **О механизированной подаче дров в котельную и топку котлов**

В настоящее время в республике отсутствуют проектные решения по механизированной подаче дров в котельные и топку котлов. Рассмотрев сложившуюся ситуацию, Госпромнадзор 1 октября 2008 г. принял решение, касающееся организаций-изготовителей, получивших в установленном порядке разрешения на право изготовления котлов, работающих на биотопливе (дровах), а именно:

- не рассматривается конструкция и не выдаются разрешения на право изготовления котлов единичной мощностью 500 кВт и более, использующих в качестве топлива дрова, с ручной их подачей в топку котлов;

- допускается включать в проекты котельных котлы мощностью до 1,16 МВт с ручной подачей твердого топлива, в т.ч. дров, до истечения срока действия разрешений Госпромнадзора, выданных организациям-изготовителям указанных котлов.

По истечении сроков действия ранее выданных Госпромнадзором разрешений применение водогрейных котлов единичной мощностью 500 кВт и

более с ручной подачей твердого топлива в котельные и топку котлов не допускается.

#### **О применении котлов-утилизаторов в составе когенерационных установок**

Котел-утилизатор — паровой или водогрейный котел без топки или с топкой для дожигания газов, в котором в качестве источника тепла используются горячие газы технологических или металлургических производств или другие технологические продуктовые потоки.

В настоящее время в качестве котлов-утилизаторов, используемых в когенерационных установках, нашли применение теплообменные аппараты. Принимая во внимание, что теплообменные аппараты устанавливаются после газотурбинных установок, в которых происходит сжигание газообразного топлива, и служат, как правило, для нагрева воды, используемой вне самого теплообменного аппарата, а также, что в качестве теплоносителя применяются дымовые газы, полученные вследствие сжигания газообразного топлива, такие теплообменники необходимо считать котлами-утилизаторами. В связи с этим на них должны распространяться Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов и Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 бар) и водогрейных котлов с температурой нагрева воды не выше 115 °С.

При изменении законодательства в области промышленной безопасности будут даны дополнительные разъяснения.

## **ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТ ФИРМЫ «KÜBLER»**

В условиях активного поиска энергосберегающих систем отопления производственных помещений публикуем часть рекламных и технических материалов, предоставленных фирмой «KÜBLER GmbH» для ООО «БОИМ».

При заинтересованности наших подписчиков готовы оказать содействие в установлении контактов с руководством фирмы и организацией сотрудничества.

Компания «KÜBLER GmbH» является ведущим производителем инфракрасных систем отопления в Европе. Продукция фирмы «KÜBLER GmbH» широко зарекомендовала себя как в Германии, так и во многих странах Европы, в т.ч. и в странах СНГ. Основным профилем предприятия является производство, сборка и монтаж инфракрасных излучателей, работающих на основе использования природного и сжиженного газа по принципу

инфракрасного излучения. Наряду с высоким КПД (до 96 %) и присущим европейским качеством, оборудование системы «KÜBLER» несложное в монтаже и не требует дополнительных затрат при эксплуатации.

#### **Принцип инфракрасного тепла**

Инфракрасное излучение — это область электромагнитного спектра. С понижением частоты (красной) оно переходит в видимую область. Длинноволновые инфракрасные лучи, которые выделяет любой источник тепла, обладают свойством нагревать только те предметы, на которые они непосредственно падают. Этим теплопередача посредством инфракрасных лучей четко отличается от так называемой конвективной передачи тепла, при котором осуществляется нагрев окружающего воздуха. В итоге используется естественный принцип солнца и данное тепло воспринимается человеком как самое приятное.

Применение инфракрасного тепла для отопления помещений достаточно старо, почти как сама цивилизация. Еще римляне знали и использовали этот принцип, например в кафельных печах, тепло которых до сих пор ценится. Сейчас инфракрасные лучи как источник тепла используются также в цехах и других больших помещениях. Инфракрасное отопление в настоящее время является одним из самых надежных отопительных систем. При их разработке руководствуются следующим физическим законом: чем выше температура источника тепла, тем меньше конвективная (ненужная) составляющая. Соотношение конвекции и инфракрасного излучения характеризует качество и эффективность инфракрасной системы.

Понятие «темные излучатели» — само по себе не новое. С 60-х гг. под этим понятием подразумевают группу инфракрасных излучателей, которые в настоящее время завоевывают все большую популярность в производстве.

«Темные» — потому что процесс горения происходит в закрытой системе, пламени не видно; «излучатели» — потому что передача тепла осуществляется при помощи электромагнитных волн инфракрасного излучения.

Принцип работы темных излучателей очень простой, и лучше всего его можно объяснить на примере принятия солнечных ванн зимой в горах. Хотя атмосферная температура минусовая, на солнце жарко. Это происходит за счет теплового (инфракрасного) излучения солнца. Под воздействием инфракрасных лучей нагреваются верхние поверхности предметов, которые в свою очередь вновь отдают тепло.

«Темные излучатели» вырабатывают тепло за счет сгорания газо-воздушной смеси в закрытых горелках. Вентилятор, который, как правило, находится на другом конце излучающей трубы, обеспечивает с одной стороны разряжение в системе и с другой стороны способствует «всасыванию» пламени во внутрь излучающей трубы и выводу продуктов сгорания. Поверхность излучающей трубы нагревается от 300 до 700 °С и отдает свою энергию преимущественно в форме излучения.

#### **Область применения инфракрасных излучателей**

Системы газового лучистого отопления предназначены для решения проблем отопления производственных и сельскохозяйственных, складских, торговых, спортивно-зрелищных и других помещений высотой от 3,5 м и выше.

Фирма «KÜBLER» располагает обширной программой по производству «темных излучателей». Это дает возможность применять их в качестве отопления на любых объектах и в различных отраслях производства:

- 1) ремонтные мастерские и производственные цеха;
- 2) стадионы, спортивные залы и теннисный корты;
- 3) складские помещения и супермаркеты;
- 4) автосалоны и выставочные залы;
- 5) автомастерские и гаражи;
- 6) вагонные депо и самолетные ангары.

#### **Особенности проектирования инфракрасных излучателей**

Эффективность работы установок систем газового лучистого отопления зависит от эффективности проектирования на начальном этапе.

Проектирование газоснабжения системы лучистого отопления осуществляется в соответствии с утвержденными строительными, пожарными и санитарно-гигиеническими нормами и правилами безопасности в газовом хозяйстве.

Обычно предварительно согласно установленным нормативным документам и данным, полученным от заказчика по анкете-заявке на проектирование, с помощью компьютерных программ рассчитываются теплотери объекта (здания), на основе которых определяется количество и мощность установок, их тип.

При проектировании расположения установок учитывается их размещение таким образом, чтобы площадь пола обогревалась равномерно или наоборот, меньше обогревалась в местах складирования продукции и больше в зонах пребывания персонала, а также, чтобы при монтаже установок

минимум лучистого тепла попадал на ограждающие конструкции.

Область применения установок распространяется на все виды помещений высотой от 3,5 м и выше, кроме помещений категорий А, Б.

Быстрый монтаж установок без остановки производственного процесса, простое техническое обслуживание, обеспечение комфортных условий микроклимата в помещениях, снижение энергозатрат и экологическая чистота привлекают к системам лучистого отопления большое внимание и заслуженный интерес руководителей предприятий.

#### **Преимущества инфракрасных излучателей**

- Нет необходимости в использовании котельных и прокладке теплотрасс.
- Не требуется постоянный обслуживающий персонал.
- Возможен обогрев помещения по зонам.
- Монтаж систем осуществляется без остановки производства.
- Срок службы оборудования составляет 15–20 лет (по фактическим данным).
- При переходе с централизованной системы отопления на газовое лучистое — эксплуатационные затраты снижаются в 4–10 раз.

#### **Экономичность системы газового лучистого отопления обусловлена следующим**

■ Установки газового лучистого отопления фирмы «KÜBLER» являются высокоэффективными отопительными системами с высоким коэффициентом полезного действия — до 96 %.

■ При использовании лучистого тепла температура воздуха в помещении может быть снижена на 4 °С, что дает годовую экономию тепла на обогрев здания на 20 % (при этом сохраняются комфортные условия для работающих).

■ Системы лучистого отопления характеризуются низким перепадом температуры между рабочей зоной и верхней частью помещения до 0,4 °С на 1 м высоты, тогда как при воздушном отоплении эта величина составляет до 2,5 °С/м, за счет чего, например, в здании высотой 12 м при температуре рабочей зоны 15 °С воздух под потолком оказывается нагретым при лучистом отоплении до 19 °С, а при воздушном отоплении — до 40 °С. Эта разница приводит к снижению расчетных теплопотерь еще на 20–30 %;

■ Использование программируемого режима работы, т.е. снижение тепловой нагрузки в нерабочее время, например при односменной работе и пяти рабочих днях в неделю, плюс снижение нагрузки в выходные и праздничные дни позволяет сэкономить за год до 44 % природного газа.

■ Отсутствие промежуточного теплоносителя и, как следствие, внутризаводских и внутрицеховых теплотрасс является также фактором экономии ресурсов, так как потери тепла в них составляют минимум 10 %. Необходимо также учесть затраты на ремонт и обслуживание котельных и тепловых сетей, а при воздушном отоплении — затраты на электроприводы мощных вентиляторов.

Кроме того, «темные излучатели» обладают следующими особенностями:

- отсутствие взметания пыли и сквозняков;
- возможность отопления отдельных рабочих мест/зон;
- бесшумная работа;
- быстрое время нагрева;
- простое управление;
- отсутствует теплоноситель — вода;
- система не замерзает;
- минимальное техническое обслуживание;
- не требуется помещения для котельной;
- модульный принцип устройства;
- современный дизайн;
- различные возможности размещения.

#### **Инфракрасные излучатели «KÜBLER»**

*Серия AR*

*Серия Optima*

*Серия AR-HB*

#### **Установки серии AR**

Установки серии AR отличаются бесшумной работой горелок и предназначены для потребителей с повышенными требованиями к уровню шумов. Свое применение установки этой серии находят в торговых залах, выставочных и рыночных павильонах, а также в тех отраслях производства, где требуется поддержание относительной тишины. Установки серии AR выпускаются как с линейной формой излучающей трубы — форма похожа на форму установок серии HB, так и с двумя параллельно расположенными излучающими трубами (U-образная форма).

#### **Характеристика**

- ❖ Газовая горелка в комплекте с автоматикой; разрежение поддерживается вентилятором.
- ❖ Автоматическое отключение посредством датчика дифференциального давления.
- ❖ Ионизационный контроль наличия пламени и индикатор режима работы.
- ❖ Возможен режим работы с воздухозабором из атмосферы.
- ❖ Две параллельные излучающие трубы с U-образным коленом для равномерного распределения температуры по всей длине установки — серии AR-13, AR-22, AR-35, AR-40 и AR-50.

❖ Линейная форма излучающей трубы установки — серии AR-13 НВ, AR-22 НВ, AR-40 НВ, AR-50 НВ.

❖ Труба горелки из спецстали.

❖ Блокировка вентилятора в зависимости от температуры забираемого воздуха.

❖ Регулируемая задвижка газосвода при наличии общего газосвода.

❖ Полированный рефлектор из спецстали.

❖ Крепежный материал для настенного и потолочного монтажа.

❖ Уменьшенный уровень шумов при работе за счет специальной горелки.

❖ Турбуленты для оптимизации КПД излучения.

❖ Торцевые крышки из спецстали.

**Технические данные установок серии AR U-образной формы**

Модель	Ед. измерений	AR-13	AR-22	AR-35	AR-40	AR-50
Номинальная тепловая нагрузка	кВт	13	22	35	40	50
Номинальная тепловая мощность	кВт	11,96	20,24	32,2	36,8	46
Номинальный расход природного газа	м <sup>3</sup> /ч (при 9,45 кВтч/м <sup>3</sup> )	1,24	2,33	3,7	4,23	5,29
Номинальный расход сжиженного газа	кг/ч (при 12,87 кВтч/кг)	1,01	1,71	2,72	3,11	3,89
Длина	м	3,47	5,24	5,89	5,89	7,62
Ширина	мм	435	490	666	666	666
Высота	мм	150	170	235	235	235
Давление подключаемого природного газа мин./макс.	мбар	20,0/ 50,0	20,0/ 50,0	20,0/ 50,0	20,0/ 50,0	20,0/ 50,0
Давление сжиженного газа минимум	мбар	50	50	50	50	50
Электропитание	В/Гц	230/50	230/50	230 /50	230/50	230/50
Макс. потребление мощность	кВт	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
Входной предохранитель	А	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
Уровень шума	дБ	50+54	50+54	50+54	55+60	50+54
Общий вес	кг	51	60	95	117	144
Минимальная высота подвески под потолком/на стене	м	3,0/2,7	3,6/3,0	4,3/3,6	4,3/3,6	5,7/5,0

**Установки серии Optima**

Установки серии Оптима отличаются высоким КПД и оригинальным дизайном. Установки удостоены звания «Промышленное отопление года». Область применения очень разнообразна: обогрев больших помещений, начиная от складских, производственных помещений, спортивных залов и ангаров, заканчивая мастерскими, выставочными павильонами и спортивными залами с высотой от 4 до 25 м.

**Характеристика**

❖ Высокий КПД за счет ряда усовершенствований компонентов установки.

❖ Пониженный расход энергии.

❖ Турбуленты из спецстали для увеличения КПД излучения.

❖ Новое усовершенствованное распределение пламени для равномерной температуры на всей протяженности труб.

❖ Газовая горелка в комплекте с автоматикой; разрежение поддерживается вентилятором.

❖ Автоматическое отключение посредством датчика дифференциального давления.

❖ Ионизационный контроль наличия пламени и индикатор режима работы.

❖ Возможен режим работы с воздухозабором из атмосферы.

❖ Две параллельные излучающие трубы, соединенные U-образным коленом для равномерного распределения тепла по всей длине установки.

❖ Передняя часть трубы горелки изготовлена из титановой легированной спецстали.

❖ Запатентованный рефлектор из спецстали с изолирующим слоем.

❖ Блокировка вентилятора в зависимости от температуры забираемого воздуха.

❖ Регулируемая задвижка газосвода при наличии общего газосвода.

❖ Полностью теплоизолированный корпус для уменьшения конвективных потерь и повышения инфракрасной составляющей.

❖ Крепежный материал для настенного и потолочного монтажа.

❖ Низкий уровень шумов за счет спецпокрытия корпуса, отличный дизайн, заказ цветовой гаммы по выбору.

❖ Возможность монтажа в спортивных, выставочных и рыночных павильонах за счет низкого уровня шумов.

❖ Изолирующий материал из минваты для повышения КПД излучения.

❖ Боковые крышки из стекловолоконного материала.

### Технические данные установок серии Optima

Модель	Ед. измерений	Оптима-15	Оптима-20	Оптима-25	Оптима-28	Оптима-33	Оптима-35	Оптима-38
Номинальная тепловая нагрузка	кВт	15	20	25	28	33	35	38
Номинальная тепловая мощность	кВт	13,8	18,4	23	25,76	30,36	32,2	34,96
Номинальный расход природного газа	м <sup>3</sup> /ч (при 9,45 кВтч/м <sup>3</sup> )	1,59	2,12	2,65	2,96	3,49	3,7	4,02
Номинальный расход сжиженного газа	кг/ч (при 12,87 кВтч/кг)	1,16	1,55	1,94	2,17	2,56	2,72	2,95
Длина	м	5,28	5,28	5,28	7,09	7,09	7,09	7,09
Ширина	мм	830	830	830	830	830	830	830
Высота	мм	280	280	280	280	280	280	280
Давление подключаемого природного газа мин./макс.	мбар	20,0/50,0	20,0/50,0	20,0/50,0	20,0/50,0	20,0/50,0	20,0/50,0	20,0/50,0
Давление сжиженного газа минимум	мбар	50	50	50	50	50	50	50
Электропитание	В/Гц	230/50	230 /50	230/50	230 /50	230/50	230/50	230 /50
Макс. потребление мощность	кВт	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
Входной предохранитель	А	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
Уровень шума	дБ	50+55	50+55	50+55	50+55	50+55	50+55	50+55
Общий вес	кг	105	105	105	146	146	146	146
Минимальная высота подвески под потолком/на стене	м	4,4/3,9	4,9 /4,4	5,4/4,7	5,8/5,1	6,3/5,5	6,5/5,7	5,8/5,1

**Установки серии AR-НВ линейной формы**

Установки серии AR-НВ имеют линейную форму излучающих труб, которые оптимально подходят для отопления узких и длинных помещений, а также удобны для отопления проходов между стеллажами или узкими проходами.

**Характеристика**

❖ Газовая горелка в комплекте с автоматикой; разрежение поддерживается вентилятором.

❖ Автоматическое отключение посредством датчика дифференциального давления.

❖ Ионизационный контроль наличия пламени и индикатор режима работы.

❖ Возможен режим работы с воздухозабором из атмосферы.

❖ Линейная форма излучающей трубы.

❖ Труба горелки из спецстали.

❖ Блокировка вентилятора в зависимости от температуры забираемого воздуха.

❖ Регулируемая задвижка газовой выводу при наличии общего газовой выводу.

❖ Полированный рефлектор из спецстали.

❖ Альтернатива худшему по качеству рефлектору из алюминия.

❖ Крепежный материал для настенного и потолочного монтажа.

❖ По желанию заказчика: изготовление всех частей установки из спецстали для помещений с повышенными требованиями (агрессивный воздух в помещении или высокий уровень влажности, например, в прачечных и т.д.).

❖ Турбуленты для оптимизации КПД излучения.

**Технические данные установок серии AR-НВ**

Модель	Ед. измерений	AR-13 НВ	AR-22 НВ	AR-40НВ	AR-50 НВ
Номинальная тепловая нагрузка	кВт	13	22	40	50
Номинальная тепловая мощность	кВт	11,96	20,24	36,8	46
Номинальный расход природного газа	м <sup>3</sup> /ч (при 9,45 кВтч/м <sup>3</sup> )	1,38	2,33	24,23	5,29
Номинальный расход сжиженного газа	кг/ч (при 12,87 кВтч/кг)	1,01	1,71	3,11	3,89
Длина	м	6,63	8,02	12,62	15,17
Ширина	мм	235	295	460	460
Высота	мм	150	175	235	235
Давление подключаемого природного газа мин./макс.	мбар	20,0/50,0	20,0/50,0	20,0/50,0	20,0/50,0
Давление сжиженного газа минимум	мбар	50	50	50	50
Электропитание	В/Гц	230/50	230/50	230/50	230/50
Макс. потребление мощность	кВт	0,065	0,065	0,065	0,065
Входной предохранитель	А	3,15	3,15	3,15	3,15
Уровень шума	дБ	50+54	50+54	50+54	50+54
Общий вес	кг	56	72	117	130
Минимальная высота подвески под потолком/на стене	м	3,0/2,7	3,6/3,0	4,3/3,6	4,3/3,6



# МЕТОД БОРЬБЫ С ГЛОБАЛЬНЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ ЗЕМЛИ

Северянин В.С.

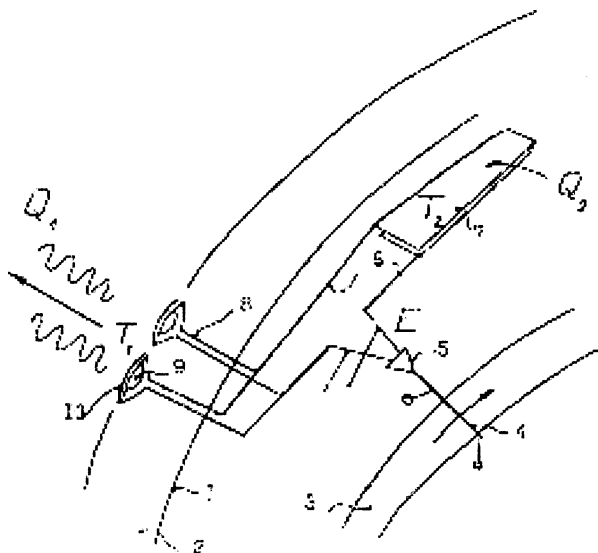
Если принять в качестве основной причины глобального потепления Земли (в частности, ее атмосферы) антропогенный фактор (человеческая промышленная цивилизация), то бороться с этим явлением также необходимо техническими методами: производя продукцию для себя, выделяя тепловые отбросы, согласно второму закону термодинамики, нужно нейтрализовать их в зоне своего обитания за счет, естественно, определенных энергозатрат. Ниже излагается идея варианта уменьшения теплового технического загрязнения Земли, основанного на известных физических принципах и, несмотря на масштабность, он представляется вполне реализуемым.

Известны способы переноса теплоты от одних тел к другим при помощи обратного цикла Карно: затратой энергии отнимается теплота от охлаждаемого тела, сообщается нагреваемому [1]. В этом заключается действие обычных холодильников, кондиционеров, объединяемых общим понятием «тепловые насосы». Недостаток этих систем — невозможность в целом охладить комплекс: теплоотдачик-теплоприемник — источник энергии.

В способах переноса теплоты пропусканием постоянного электрического тока через цепь из разнородных проводников (эффект Пельтье) один стык (спай) охлаждается, другой — нагревается. Этот процесс реализуется в термоэлектрических тепловых насосах [2], и общую систему можно охладить, выводя нагретую среду из системы. Однако для системы планета — атмосфера нагретую среду вывести за атмосферу в значительных масштабах затруднительно.

Цель настоящего метода — преодолеть парниковый эффект земной атмосферы, охладить заданные участки Земли, техническими средствами нейтрализовать повышение температуры в окружающей среде, пройти термическое сопротивление воздушной атмосферы.

Предлагаемый способ переноса теплоты схематически изображен на чертеже и технически реализуется на поверхности Земли 1, имеющую атмосферу 2, основная воздушная масса которой сосредоточена в тропосфере, где все физические про-



цессы, приводящие к парниковому эффекту, происходят до высот 8...10 км.

Течение в океане 3 (например, Гольфстрим — поток шириной 100–200 км, глубиной 2–5 км, со скоростью 3–5 км/час) передает свою кинетическую энергию заякоренной гидроэлектростанции 4, состоящей из группы наплавных гидроагрегатов общей электрической мощности несколько тысяч мегаватт. Наплавной также является электроподстанция 5 с трансформаторами, выпрямителями, выключателями и другими электрическими аппаратами и регуляторами. Проводники 6 кабельного типа связаны с охлаждаемым стыком 7. Он представляет собой двухслойную металлическую пленку (например, один слой из алюминия, другой — из хромеля — это сплавы широко применяющиеся в теплотехнике. Слои находятся в контакте друг с другом при помощи прессования при изготовлении, на схеме они разделены условно). Эта пленка выкладывается на кровли, тротуары, дороги и т.д. (это уточняется при возведении системы). Проводники 6 связаны также с тросами 8, каждый из которых — сверхпрочный одножильный кабель, удерживающие на высоте 8–10 км аэростаты 9 (техника удержания таких объектов освоена, в частности при создании субатмосферных метеорологических

привязанных аэростатов). Аэростат 9 — это линзовидный воздушный шар, изготовленный из прочной пленки. На верхнюю часть аэростата 9 крепится нагреваемый стык 10, по конструкции аналогичный охлаждаемому стыку 7, только с обратным расположением слоев. Обращенная вверх сторона нагреваемого стыка должна быть максимально черной. Требования к пленке — малый вес, прочность, минимальная толщина, возможность покрытия ею больших (несколько квадратных километров) поверхностей.

Каждый слой электрически подсоединен к тросам 8, следовательно, проводникам 6 своей полярности, на чертеже слои условно изображены раздельно и в другом масштабе по сравнению с емкостью аэростата. Этим реализуется эффект Пельтье.

#### Действует метод следующим образом

В электрической цепи: гидроэлектростанция 4 — подстанция 5 — проводники 6 — охлаждаемый стык 7 — тросы 8 — нагреваемый стык 10 создается постоянный электрический ток благодаря электроэнергии  $E$ , т.е. образуется термоэлектрический тепловой насос. Его эффективность (соотношение «прокачаной» теплоты и затрачиваемой на это

энергии) зависит от величины и разности температур нагреваемого стыка  $T_1$  и охлаждаемого  $T_2$ . Чем выше  $T_1$ , тем по закону Стефана — Больцмана можно больше сбросить теплоты излучением в космос. Вывод излучателя (в данном случае нагреваемого стыка 10) за атмосферу 2 позволяет применить в излучателе часть спектра излучения (низкочастотное инфракрасное), которое при излучении с поверхности Земли 1 было бы поглощено атмосферой.

Аэростаты 9 воздухонадувные, воздух нагревается от стыка 10 до температуры 200...500 °С. Аэростаты фиксируются тросами 8, могут быть специальные вышки. Подъем аэростатов осуществляется до верхней границы тропосферы.

От охлаждаемого участка Земли отнимается тепло  $Q_2$  излучается в космос  $Q_p$ , при этом  $Q_1 = E + Q_2$ .

Гидроэлектростанция 4 снабжает энергией и других потребителей; расход  $E$  — плата за выделение теплоты развитыми экономиками Земли, за снижение риска глобального потепления. Политическое оформление этого положения было бы аналогом Киотского протокола. В этом заключается социальное значение заявляемого предложения.

#### Литература

1. Алексеев, Г.Н. Термоэлектрические явления при контакте разнородных проводников. Общая теплотехника / Г.Н. Алексеев. — М: Высш. шк. — 1980. — С. 102, 231, 301.
2. Яромский, Б.П. Инженерно-техническое оборудование зданий / Б.П. Яромский, Б.С. Северянин, Н.И. Кирилук // Тепловые насосы. — Минск: Ураджай. — 2000. — С. 39.

## ОЦЕНКА РЕСУРСА СВАРНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

*к.т.н. Наталевич А.Н., к.т.н. Нестеренко Н.Л.*

Для крановых металлоконструкций (МК), как правило, значения рабочих напряжений не превышают величины  $\sigma_T$  — предела текучести, поэтому характер разрушения нагруженных элементов носит усталостный характер.

Для определения усталостной долговечности — ресурса расчетных элементов металлоконструкций (МК) необходимо знать их нагруженность, параметры которой определяются расчетом или экспериментально.

Ресурс МК понимаем как число циклов до предельного состояния какого-либо одного или нескольких ее нагруженных элементов, повреждение которых по истечению определенного времени эксплуатации приводит к потере работоспособности конструкции. Следовательно, кроме нагруженности надо знать слабые места МК, где в первую очередь можно ожидать возникновения процесса разрушения.

К таковым следует отнести растянутые пояса

мостовых кранов, места соединения основных и концевых балок у буксов, пояса башни башенных кранов, пояса стрел.

В зависимости от величины коэффициента пере-

грузки  $\xi = \frac{\sigma_i}{\sigma_{r.k.}}$  (где  $\sigma_i$  — рабочее циклическое

напряжение;  $\sigma_{r.k.}$  — предел выносливости для данных значений коэффициентов асимметрии и концентрации напряжений) имеет место один из следующих видов разрушений:

1) при  $\xi \geq 2$  — вязкоусталостное разрушение, сопровождающееся упруго-пластическими деформациями. Характерно изломом циклической перегрузки. Соответствует числу циклов  $N \leq 10^5$ ;

2) при  $\xi = 1,2-2,0$  — преждевременное усталостное разрушение. Преждевременный усталостный излом и соответствует числу циклов  $N = 1 \times 10^5 \dots 1 \times 10^6$  ц;

3) при  $\xi \leq 1,2$  — усталостное разрушение, усталостный излом. Соответствует числу циклов  $N > 1 \times 10^6$  цикло.

О характере разрушения можно судить по излому. В частности, по соотношению длины зон усталостного и вязкого разрушения можно оценить величину коэффициента  $\xi$ , что важно для определения причин разрушения [1, 3, 5, 7].

Разновидностью усталостного разрушения является хрупкое. Хрупкое разрушение занимает особое место, т.к. происходит внезапно при нагрузках меньше номинальных и характеризуется отсутствием таких предупредительных признаков, как прогиб или пластическое деформирование [1-3, 7]. Хрупкое разрушение особенно часто происходит при отрицательных температурах, а для МК, эксплуатируемых длительное время, существует опасность преждевременного разрушения из-за повышения критической температуры, соответствующей переходу от усталостного разрушения к хрупкому.

В крановых конструкциях применяют стали, характеризующиеся относительно высокими пластичными свойствами ввиду их большей сопротивляемости усталостному разрушению по сравнению со сталями с меньшей пластичностью.

Пластичность оценивают отношением  $\frac{\sigma_T}{\sigma_B}$  ( $\sigma_T$  —

предел текучести;  $\sigma_B$  — предел прочности), которое должно быть не более 0,6. Чем меньше это отношение, тем пластичнее сталь и тем меньше вероятность хрупкого разрушения.

Например, для стали ВСтЗсп, используемой для несущих МК грузоподъемных машин, этот

показатель равен 0,50–0,56. У низколегированных (НЛ) сталей этот показатель больше 0,6, поэтому при их применении необходимо предусматривать возможность снижения концентрации напряжений ( $K \leq 2,3$ ) [2, 3, 5]. Применение НЛ сталей эффективно в случае, если определяющим является прочность от действия наибольших нагрузок (для режимов тяжелее среднего), а не долговечность при переменных напряжениях.

Другими параметрами, характеризующими склонность стали к хрупкому разрушению, является относительное удлинение  $\gamma$  и ударная вязкость  $\alpha$ . Их значения должны быть:  $\gamma \geq 18\%$ ,  $\alpha \geq 30$  Дж/см<sup>2</sup> (для образцов КСУ),  $\alpha \geq 20$  Дж/см<sup>2</sup> (для образцов КСВ) [1, 2, 7].

При проведении проектного расчета на сопротивление усталости сварных МК для регулярного нагружения, т.е. при коэффициенте асимметрии  $r = \text{const}$ , используется известное выражение кривой усталости:

$$N_i = \left( \frac{\sigma_{r.k.}}{\sigma_i} \right)^m \times N_B, \quad (1)$$

где  $\sigma_{r.k.}$  — предел выносливости при базе  $N = 2 \times 10^6$  циклов, значение которого определяется, например, по таблицам в зависимости от коэффициентов:  $r$  — асимметрия циклов и концентрации  $K$  напряжений для данного элемента конструкции;  $m$  — показатель степени.

Показатель  $m$  определяется соотношением, полученным опытным путем [1, 5, 6]:

$$mK = 12 \frac{+6}{-5}, \quad (2)$$

где  $K$  — коэффициент концентрации напряжений, выбираемый для типовых сварных элементов крановых конструкций по таблицам в зависимости от расположения сварных швов и свариваемых деталей.

Для принятых значений  $K \leq 4$  (для несущих МК) выражение (2) равно 12, а для  $K > 4$  принимают (2) равным  $12 + 6 = 18$ .

Величина предела выносливости  $\sigma_{r.k.}$  для использования в (1) может быть также определена выражением

$$\sigma_{r.k.} = \frac{2\sigma_{-1}}{(1-r)K + (1+r)\eta}, \quad (3)$$

где  $\sigma_{-1}$  — предел выносливости при  $r = -1$ ;  $\eta$  — коэффициент чувствительности материала к асимметрии цикла, равный 0,2 для стали 3 и 0,3 для НЛ-сталей.

Величину предела выносливости  $\sigma_{-1}$  определяют по таблицам или соотношением  $\sigma_{-1} = \sigma_{B/3}$ .

Для проведения расчета на сопротивление усталости необходимо знать величину коэффициента асимметрии  $r$ , равного отношению  $\sigma_{\min} / \sigma_{\max}$ . Для определения величины  $r$  в [1, 2] предложено принять  $\sigma_{\min} = \sigma_g$  — напряжение от веса МК. Для мостового крана, например напряжение  $\sigma_g$  от веса моста посередине пролета  $\ell$  равно  $\sigma_g = \frac{q\ell^4}{8W}$ , где

$q$  — погонный вес;  $W$  — момент сопротивления. Максимальное напряжение  $\sigma_{\max} = \sigma_g + \psi\sigma_Q$  — напряжение от поднимаемого груза  $Q$ ;  $\psi$  — коэффициент динамичности, учитывающий влияние инерционных сил при работе механизмов крана.

Величина  $r$  будет равна

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{\sigma_g}{\sigma_g + \psi\sigma_Q}; \quad (4)$$

Значение  $r$ , определяемое по формуле (4), считают статическим.

С учетом колебаний груза, поднимаемого канатом, принимают  $\sigma_{\max} = \sigma_g + \psi\sigma_Q$ ,  $\sigma_{\min} = \sigma_g + \sigma_Q - (\psi\sigma_Q - \sigma_Q)$ . Тогда с учетом колебаний

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{\sigma_g}{\sigma_g + \psi\sigma_Q}. \quad (5)$$

Если принять  $\sigma_g = 0,5\sigma_Q$  и средний  $\psi = 1,2$ , то по формулам (2) и (5) получим:  $r = 0,3$  и  $r_1 = 0,76$ .

В расчетах на сопротивление усталости используют значения коэффициента  $r$ , определяемые по (4), (5). В одном случае величину  $r$  по (4) применяют для ограниченной выносливости, в другом по (5) — для расчета длительной выносливости.

Отметим особенности проведения расчетов на сопротивление усталости для разных режимов нагружения.

Ввиду того, что величина поднимаемого груза отличается от номинального значения  $Q_{\text{ном}}$  (это определяют режимы Л, СР, Т, ВТ) в расчетах принимают дискретные значения  $Q_{\text{ср}}$ , равные  $0,25Q_{\text{ном}}$ ,  $0,5Q_{\text{ном}}$ ,  $0,75Q_{\text{ном}}$ ,  $1,0Q_{\text{ном}}$ . Для этих «приведенных» значений груза с учётом величины  $r$  (т.е. знакопостоянного, отнулевого или знакопеременного циклов) далее рассчитывают с помощью соответствующих формул значения  $\sigma_{\max}$  и  $N(1, 3, 4, 5)$ .

Кроме нагрузки, обусловленной подъемом груза при работе подъемных машин, имеет место дополнительное динамическое нагружение, когда одновременно с подъемом — опусканием груза происходит поворот крана или стрелы, перемещение тележки с грузом.

Это обстоятельство в расчетах учитывают коэффициентом динамичности  $\psi$ , выбираемым по

таблицам или формулам [1] с учетом типа крана и скорости перемещения.

В [8, 9, 10] в расчете на сопротивление усталости предусмотрено использование методов статистического анализа и принципа суммирования усталостных повреждений, накапливаемых материалом МК при дискретных изменениях нагрузки.

В указанных работах расчет ресурса МК содержит ряд допущений, упрощающих картину изменения нагруженности и не отражающих в полной мере многофакторность процесса усталостного разрушения.

Представляют интерес методы определения ресурса сварных МК, разработанные в Институте механики машин НАН Беларуси и БНТУ [11–13], свободные от вышеуказанных недостатков.

В работах [11–13] для оценки напряженно-деформированного состояния материала использованы положения теории упругости, механики твердого тела, а также вероятностные методы оценки нагруженности и расчета на сопротивление усталости, базирующиеся на использовании современных программно-аппаратных средств.

При определении нагруженности, например, автомобильной сварной рамы МАЗа сигналы от тензодатчиков на элементах МК (опасных с точки зрения усталостного разрушения) поступают на многоканальный усилитель и обрабатывается в автоматическом режиме компьютером с соответствующей программой и алгоритмом.

При разработке используемой программы были учтены следующие соображения.

1. Рабочие напряжения, а также соответствующие им пределы выносливости подчиняются зависимости (1), видоизмененной в предположении, что распределение нагрузки соответствует функции Вейбулла, а значения пределов усталости соответствуют требуемой вероятности, например 0,95.

2. Реальное нагружение МК рассматривается как многократно повторяющаяся комбинация типовых режимов нерегулярного (случайного) нагружения с различными и перемешанными значениями напряжений и коэффициентов асимметрии циклов.

3. Длительность записи процесса реального нагружения выбирают минимальной, но достаточной для того, чтобы были зафиксированы все типовые режимы нагрузки.

4. В процессе записи реального процесса нагружения тензометрируемого элемента производится обработка полученных данных — так называемая схематизация [14], когда весь спектр рабочих напряжений разбивается на отдельные

блоки по частотам, а случайные нерегулярные циклы напряжений заменяются симметричными регулярными, эквивалентными первым по степени повреждения. Число  $k$ -блоков нагружения соответствует числу частот рабочего нагружения.

5. Число циклов напряжений в каждом блоке  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_i, \dots, n_k$  фиксируется в процессе проведенной схематизации. Число циклов напряжений в каждом блоке составляет от нескольких десятков до нескольких сот.

6. Из всех  $k$ -блоков нагружения оставляют не более 3–6, т.к. остальные блоки с большей частотой не оказывают статистически значимого влияния на усталость материала.

7. Ординаты напряжений блоков после схематизации, рассчитываемые из условия эквивалентности их повреждающего действия действию случайных нерегулярных циклов, определяются по соответствующим зависимостям и по абсолютной величине не равны.

8. Каждый блок нагружения размещается в отдельном файле носителя информации. При распечатке содержания файла извлекается характеристика каждого блока по параметрам: максимальное и минимальное напряжения; число  $n$ -циклов напряжений, содержащихся в каждом блоке; параметры распределения Вейбулла.

Отдельные блоки нагружений составлены циклами с симметричным или отнулевым нагружением ( $r = -1; r = 0$ ), поэтому числа циклов до разрушения в каждом блоке рассчитываются для регулярного нагружения, т.е. по формуле (1).

Необходимость учитывать снижение предела выносливости по мере роста наработки требует построения блоков напряжений, где блок случайно перемешанных симметричных напряжений необходимо представить в виде убывающего ряда симметричных циклов:  $\sigma_1 > \sigma_2 > \dots > \sigma_i > \dots > \sigma_n$ .

Далее выносливость элемента МК рассматривается как сумма повреждающих действий каждого блока нагружения:

$$\frac{1}{N_{\text{эл}}} = \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} + \dots + \frac{1}{N_i} + \dots + \frac{1}{N_k}; \quad (6)$$

Взяв за единицу протяженность  $\beta$  всех блоков нагружения и с учетом  $\beta_i$  — относительной протяженности каждого блока, запишем выражение повреждающего действия всех блоков:

$$\frac{\beta = 1}{N_{\text{эл}}} = \frac{\beta_1}{N_1} + \frac{\beta_2}{N_2} + \dots + \frac{\beta_i}{N_i} + \dots + \frac{\beta_k}{N_k}. \quad (7)$$

Относительная протяженность каждого блока определяется исходя из числа циклов нагружения, содержащихся в каждом блоке:  $n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_k = n$ ;

$$\beta_1 = \frac{n_1}{n}; \beta_2 = \frac{n_2}{n}; \beta_i = \frac{n_i}{n}; \beta_k = \frac{n_k}{n}.$$

Выносливость или ресурс каждого тензометрируемого элемента МК будет равен

$$L_{\text{эл}} = \sum_1^k \left( \frac{\beta_i}{N_i} \right)^{-1}, \text{ цикл.} \quad (8)$$

Это выражение в теории усталости известно как гипотеза Пальмгрена – Майнера. Гипотеза полностью применима для циклических напряжений, величина которых больше предела выносливости.

Итак, применение зависимости (8) для определения ресурса возможно только тогда, когда значения рабочих напряжений превышают величину предела выносливости  $\sigma_{r,k}$ . Использование этой гипотезы для реальных нагружений, где ввиду разброса эксплуатационных нагрузок действуют напряжения как со значениями больше  $\sigma_{r,k}$ , так и со значениями меньше  $\sigma_{r,k}$ , дает завышенные до 35–40 % значения ресурса. Следует иметь ввиду также рассеяние значений самого предела  $\sigma_{r,k}$  из-за отклонений значений физико-механических характеристик стали.

Другим важным моментом, наличие которого следует учитывать при определении ресурса, является снижение предела выносливости по мере роста  $N$ . При снижении предела выносливости происходит подключение к повреждению напряжений, величина которых ранее была ниже начального значения  $\sigma_{r,k}$  [15].

Из кинетической теории механической усталости величину предела выносливости можно представить как переменную функцию:

$$\sigma_{r_i} = g \times I_g \times D_i, \quad (9)$$

где  $g$  — параметр с размерностью напряжения;  $D_i$  — степень повреждения в виде отношения поврежденной усталостью площади опасного сечения к номинальной площади.

В процессе накопления повреждений величина  $\sigma_{r,k}$  снижается с начального значения  $\sigma_{r_0}$  до критического  $\sigma_{r_{\text{кр}}}$  в момент достижения повреждения  $D_{i_{\text{кр}}}$ .

Скорость  $\Delta\sigma_r / \Delta N$  снижения предела выносливости с ростом числа циклов определяет суммарное число циклов, необходимых для снижения предела выносливости до предельного, когда снижающееся значение  $\sigma_{r_j}$  сравнивается с напряжением последнего блока нагружения:

$$N_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{j=m} \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_j} \frac{\beta_i}{\Delta N_{ji}}} \right)^{-1}, \quad (10)$$

где  $m$  — число циклов напряжений, подключаемых к процессу усталостного повреждения по мере снижения  $\sigma_r$ ;  $n_j$  — число повреждающих напряжений на  $j$ -м уровне.

Окончательно с учетом действия напряжений со значениями меньше  $\sigma_{r,k}$  и снижения величины  $\sigma_{r,k}$  ресурс элемента МК при циклическом нагружении определяется в виде соответствующей суммы выражений (8) и (10).

$$N_{эlc} = \sum_{i=1}^{k-m} \left( \frac{\beta_i}{N_i} \right)^{-1} + \sum_{j=1}^m \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_j} \frac{\beta_i}{\Delta N_{ji}}} \right)^{-1}. \quad (11)$$

При использовании изложенного метода определения ресурса [11–14] для нагруженных МК грузоподъемных машин следует учитывать такие типовые режимы, как:

- 1) пуск механизма подъема груза, подъем груза, стоп;
- 2) пуск механизма поворота, поворот, стоп;
- 3) пуск механизма изменения вылета стрелы, поворот стрелы, стоп;
- 4) пуск механизма перемещения тележки, перемещение, стоп.

Для совмещения во времени перечисленных режимов соответственно:

- 1) пуск, подъем груза + пуск, поворот груза;
- 2) стоп при повороте груза + опускание груза;
- 3) и т.д.

Рассмотрим ресурс в случае совмещения двух режимов. Обозначим  $N_1, \beta_1, K_1$  — ресурс, относительная длительность и число блоков нагружения 1-го режима и  $N_2, \beta_2, K_2$  — соответственно 2-го.

$\Delta N, \Delta \beta, \Delta K$  — параметры, соответствующие совместному действию 2 режимов.

Для промежутка времени, соответствующего совместному действию 2 режимов, число циклов до предельного повреждения равно

$$\Delta N = \sum_1^{\Delta K} \left[ \left( \frac{\Delta \beta}{N_1} \right)^{-1} + \left( \frac{\Delta \beta}{N_2} \right)^{-1} \right]. \quad (12)$$

Общий ресурс при действии 2 режимов составит

$$N_{\Sigma cov} = \sum_1^{K_1 - \Delta K} \left( \frac{\beta_1 - \Delta \beta}{N_1 - \Delta N} \right)^{-1} + \sum_1^{\Delta K} \left[ \left( \frac{\Delta \beta}{N_1} \right)^{-1} + \left( \frac{\Delta \beta}{N_2} \right)^{-1} \right] + \sum_1^{K_2 - \Delta K} \left( \frac{\beta_2 - \Delta \beta}{N_2 - \Delta N} \right)^{-1}. \quad (13)$$

### Заключение

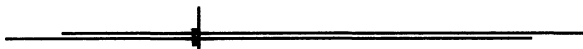
Методы определения нагруженности и расчета ресурса машин, ограниченного воздействием механической усталости, приведенные в работах [11–14], в случае их использования для определения ресурса грузоподъемных кранов обеспечивают:

- 1) оценку ресурса опытных образцов кранов по результатам регистрации нагруженности с учетом типовых, многократно повторяемых режимов эксплуатации;
- 2) выявление и устранение причин недопустимой повреждаемости элементов конструкции на стадии доработки конструкции и подготовки производства;
- 3) определение повреждающего действия элементов в условиях эксплуатации и устранение причин недопустимых перегрузок;
- 4) определение параметров, характеризующих нагружение конструкции (частота повторения типовых режимов, частота приложения нагрузок, число циклов боков, амплитуда рабочих напряжений), конкретные значения которых будут использованы в дальнейшем в расчетах ресурса.

### Литература

1. Гохберт, М.М. Справочник по кранам / М.М. Гохберт. — М.; Л.: Машгиз. — 1988. — Т. I.
2. Концевой, Е.М. Ремонт крановых металлоконструкций / Е.М. Концевой, Б.М. Розенштейн. — М.: Машиностроение, 1979.
3. Соколов, Л.И. Ремонт металлоконструкций металлургических кранов / Л.И. Соколов. — М.: Металлургия, 1982.
4. Лобов, Н.Л. Динамика грузоподъемных машин / Н.Л. Лобов. — М.: МВТУ им. Баумана, 1981.
5. Кудрявцев, И.В. Усталость сварных конструкций / И.В. Кудрявцев, П.Е. Наумченко. — М., 1986.
6. Брауде, В.И. Надежность грузоподъемных машин / В.И. Брауде. — Л., 1978.
7. Казак, С.А. Грузоподъемные машины. Элементы статической динамики нагружения / С.А. Казак. — Свердловск: УПИ, 1981.

8. Прочность несущих сварочных узлов крановых мостов при циклических нагрузках. ПТО. — М., 1974.
9. Ильин, А.В. Методы расчета циклической прочности сварных соединений / А.В. Ильин. — Л., 1983.
10. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках / под ред. В.И. Труфякова. — Киев, 1990.
11. Почтенный, Е.К. Прогнозирование нагрузочных блоков / Е.К. Почтенный, П.П. Капуста // Современ. методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления: сб. науч. трудов. — Минск: Технопринт, 2002. — Вып. 1; Т. 2. — С. 334.
12. Капуста, П.П. Прогнозирование нагруженности и долговечности несущих конструкций / П.П. Капуста // Современ. методы проектирования машин. Надежность и ресурсное проектирование машин: сб. науч. трудов. — Минск: Технопринт; БНТУ, 2004. — Вып. 2; Т. 4. — С. 22.
13. Почтенный, Е.К. Нагруженность и расчет ресурса конструкций в условиях эксплуатации / Е.К. Почтенный // Современ. методы проектирования машин. Надежность и ресурсное проектирование машин: сб. науч. трудов. — Минск: Технопринт; БНТУ, 2004. — Вып. 2; Т. 4. — С. 16.
14. Методы систематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статического представления результатов: ГОСТ 25.101-85.
15. Почтенный, Е.К. Прогнозирование долговечности и диагностика усталости деталей машин / Е.К. Почтенный. — Минск, 1983.



## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАНАТОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

*Шевцов С.А.*

*Инженер*

Канаты являются ответственным элементом грузоподъемных кранов. При их эксплуатации возникает множество вопросов о свойствах канатов, порядке записи сведений в паспорт крана при замене каната.

Итак, согласно п. 70 ПУБЭГК: «При проектировании, а также перед установкой на кран канаты должны быть проверены расчетом по формуле

$$F_0 > SZ_p,$$

где  $F_0$  — разрывное усилие каната в целом в ньютонах, принимаемое по сертификату (свидетельству) о его испытании, а при проектировании — по данным стандарта на конкретный тип каната:  $S$  — наибольшее натяжение ветви каната, определенное при проектировании расчетом, а для кранов, находящихся в эксплуатации, указанной в паспорте крана,  $H$ ;  $Z_p$  — минимальный коэффициент использования каната, определяемый согласно приложению 3 в зависимости от группы классификации механизма».

Там же далее говорится: «Если в сертификате

приведено суммарное разрывное усилие всех проволок каната, значение  $F_0$  определяется умножением суммарного разрывного усилия на коэффициент 0,83».

**В связи с чем возник коэффициент, каково его значение?**

При выборе каната очевидно, что главным критерием выбора является прочность, которая характеризуется разрывным усилием каната. Особенность в том, что прочность может выражаться суммарной прочностью всех проволок составляющих канат, а также прочностью каната в целом. Важным является то, что при свивке каната из прядей а прядей из проволок происходит потеря прочности каната до 24 %, учитывая этот факт, необходимо корректировать (уменьшать) заявленное в сертификате суммарное разрывное усилие всех проволок.

**Почему в сертификатах на канат не указывают сразу разрывное усилие каната в целом?**

Дело в том, что испытание канатов на разрыв происходит на специальных разрывных машинах,

учитывая потребность промышленности в достаточно мощных и прочных канатах разрывать их целиком достаточно сложно, требуются дорогостоящие разрывные установки. Проще разрывать отдельные проволоки, группы проволок каната и указывать суммарное разрывное усилие проволок, проведя нехитрые вычисления.

#### **Почему происходят потери прочности каната при свивке?**

Дело в том, что закрученные слои в канате имеют разное удлинение, в следствии чего при растяжении каната предельные разрывные усилия в различных слоях могут возникать не одновременно, кроме того возникает дополнительная поперечная срезающая сила, приложенная в центре тяжести поперечного сечения.

#### **В чем смысл одинарной, двойной или тройной свивки канатов?**

Канаты одинарной свивки не нашли применения на грузоподъемных механизмах, в качестве грузовых они свиваются из большого числа отдельных проволок и обладают большой жесткостью. Их можно использовать в качестве несущих элементов тележки кабельного крана. Канаты двойной свивки наиболее распространены в практике эксплуатации грузоподъемных механизмов и представляют собой пряди состоящие из проволок свитые в канат. Внутри каната находится сердечник из натуральных или синтетических материалов, который обеспечивает амортизацию прядей, их смазку, также сердечник не должен допускать деформацию каната.

Канат тройной свивки свивается из нескольких канатов двойной свивки (кабель).

В конечном итоге прочность каната будет зависеть от типа материала, из которого изготовлен канат, от количества проволок в канате и их сечения, от направления, количества и плотности свивок в канате. Гибкость каната зависит от количества проволок в канате, т.е. у двух канатов одинакового сечения более гибким будет тот у которого количество проволок больше.

#### **Каковы причины износа канатов?**

Спектр причин износа канатов на грузоподъемных механизмах достаточно широкий, но главной причиной можно выделить износ наружных проволок каната. Если отдельно выделить причины износа наружных проволок, то примерно образуется следующая градация:

- ♦ До 20 % изношенных наружных проволок обрываются по причине механического износа (при износе проволок наружного слоя до 15 % их диаметра истирание происходит медленно, при износе более 15 % проволоки ломаются).

- ♦ До 40 % проволок обрываются из-за потери вязкости.

- ♦ До 30 % — обрываются без уменьшения сечения в следствие неправильной эксплуатации механизма (повреждение каната механическим воздействием посторонних предметов).

Особенностью является то, что применение смазки в запыленных условиях работы крана сильно стимулирует износ абразивными частицами. Как рекомендацию лицам, эксплуатирующим краны, можно указать то, что смазку на кранах следует подавать к блокам и смазывать ручки блоков, а не канаты. Процесс износа канатов абразивом еще усугубляется и тем, что твердость частиц до 1,5 раз выше чем твердость проволоки. Помимо оседания частиц твердой пыли на смазке каната, абразив еще притягивается канатом, имеющим эффект намагничивания.

Кроме того, Правила по кранам (Приложение 18 п. 4) предусматривают контроль состояния проволок дефектоскопом. Важно отметить, что после проверки каната дефектоскопом наблюдается значительное остаточное намагничивание каната и, как следствие, это вызывает интенсивный износ проволок в канате.

Сегодня разработаны методы размагничивания канатов, которые продлевают срок эксплуатации канатов на 80 %. Для размагничивания канат пропускают через соленоид магнитно-импульсной установки, а затем свертывают в бухту и сутки выдерживают в размагничивающем устройстве. В результате такой обработки снижается эффект притягивания канатом абразивной пыли. Конечно, многие владельцы кранов могут задать вопрос: «Не будет ли такая обработка каната, с целью продления его срока службы, дороже стоимости самого каната, и дешевле чаще менять канат, чем подвергать его размагничиванию?». Экономический вопрос должен рассматриваться индивидуально в зависимости от количества кранов в организации, общей длины, заменяемых канатов, а так же учитывать и другие особенности.

От стальных канатов может зависеть жизнь людей, а значит, важна правильная эксплуатация каната и контроль за его состоянием.



# КРАТКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ КРАНОВЫХ КАНАТОВ

*Редакция рекомендует*

*(из книги И.И. Мархель «Крановые канаты»)*

1. Для грузоподъемных кранов всех типов в качестве грузовых, стреловых и вантовых канатов применяют стальные канаты крестовой свивки с линейным касанием проволок по ГОСТ 2688-80, ГОСТ 7668-80, ГОСТ 3079-80, ГОСТ 7669-80, ГОСТ 7688-80, ГОСТ 7667-80, ГОСТ 3088-80 и с временным пределом прочности не менее 1568 МПа (160 кгс/мм<sup>2</sup>). Диаметр и длину каната определяют по паспортным данным крана. Применение канатов II сорта не допускается.

2. Запрещается постановка на кран канатов, не имеющих заводского акта-сертификата об их испытании. При отсутствии акта-сертификата канаты должны быть испытаны в лаборатории в соответствии с действующим стандартом.

3. Запрещается постановка на кран канатов, которые имеют следующие дефекты: овальность (разность диаметров); низкие и высокие пряди; зазор между прядями (во избежание загнивания сердечника); смещение проволок в пряди, западание прядей; фонари, жучки, петли; следы кольшиков, переломов; коррозию и др. Использовать канат с отмеченными дефектами можно только в качестве стропов, подстропников и других грузозахватных средств после проведения соответствующих испытаний.

4. Канат должен разматываться с бухты на специальной площадке во избежание попадания песка и грязи. При попадании на него песка и грязи канат необходимо прочистить и вновь смазать. Новые канаты при разматывании для снятия внутренних напряжений следует подвергать вытяжке. При разматывании нового каната необходимо тщательно следить за ходом работы и не допускать переломов и кольшиков.

5. До постановки на кран нового или бывшего в работе каната для продления срока службы необходимо тщательно проверить наличие смазочного материала и при необходимости дополнительно смазать.

6. Канат, который находился в эксплуатации в течение трех лет, разрешается эксплуатировать только после повторного испытания. Результаты испытания отражают в крановом журнале.

7. Запрещается подъем груза тяжелее, чем грузоподъемность крана, подтягивание канатом груза или грейфера, подъем груза не по вертикали (при косом натяжении каната).

8. Канаты, работающие в литейных цехах, должны быть защищены отражателем из полированной жести (устанавливают над крюком). Такие канаты должны иметь металлический или асбестовый сердечник.

9. Коренные концы грузовых и стреловых канатов должны быть надежно закреплены на барабанах. Петля на конце каната обязательно должна быть снабжена коушем.

Соединение у коуша должно иметь необходимое число пробивок, в зависимости от диаметра каната. Соединение должно быть перевязано стальной проволокой на протяжении не менее чем 12–15 диаметров. Число пробивок в зависимости от диаметра определяется правилами Госпромнадзора.

10. При обрыве грузового каната у коуша разрешается временно сплести концы каната с помощью канатных зажимов. Зажимы устанавливают на расстоянии около шести диаметров троса один от другого, седлами на рабочей ветви и хомутами на глухой. Число зажимов определяют расчетом, но их должно быть не менее трех.

11. Разрешается крепление канатов с помощью втулок, залитых металлом, скобами, втулками с последующей опрессовкой.

12. Во время работы каната необходимо следить за тем, чтобы витки его правильно ложились на барабан лебедки без перекосов и петель. Канат должен располагаться так, чтобы не задевать за элементы конструкций во избежание перетираний.

13. Крановщик обязан ежемесячно следить за нормальной работой канатоукладчика и обеспечивать ее. Запрещается работать при неисправном канатоукладчике.

14. Необходимо систематически следить за тем, чтобы ролики, блоки, канатоукладчики и другие вращающиеся детали свободно вращались на осях, не допускать работы каната, соскочившего с блока (может произойти перерезка канатом оси).

15. При эксплуатации каната последний необходимо один раз в 10 суток смазывать канатной мазью 39У, Торсиол-35 и др. с удалением старого смазочного материала и грязи с его поверхности. Смазыванию подлежат сухие канаты. Промывка керосином запрещена. При отсутствии канатной мази необходимо смазать канат хотя бы солидолом (на 1–2 смены до получения канатной мази) Применение в качестве смазочного материала для стальных канатов отработанных машинных масел и нефтяных остатков не разрешается.

16. При проведении очередного профилактического ремонта с остановкой крана грузовые и стреловые канаты желательно снять с крана, промыть от грязи и пропитать в горячей смеси масел.

17. Во время проведения профилактического ремонта механик или крановщик обязан проверить шаблоном правильность геометрии следует отремонтировать блок или заменить его.

18. Во время работы крана крановщик обязан ежемесячно проверять техническое состояние канатов для определения их годности. Во время осмотра измеряют диаметр каната через 10–12 м, точно проверяют число изломанных проволок и их расположение, определяют степень поверхностного износа каната.

Детальный осмотр каната проводится механиком крана в сроки, предусмотренные графиком. Результаты ежемесячных осмотров при участии главного механика необходимо записывать в журнал осмотра крана.

Канат конструкции  $6 \times 37 + 1$  о. с. Крестовой свивки при 22 оборванных проволоках на длине одного шага свивки считается негодным и не подлежит дальнейшей эксплуатации. Канат конструкции  $6 \times 19 + 1$  о. с. Крестовой свивки при 12 оборванных проволоках на длине одного шага свивки подлежат замене. При наличии у каната поверх-

ностного износа или коррозии проволок число обрывов проволок на шаге свивки должно быть уменьшено: при 10 % износа по диаметру проволок на 15 %, при 15 % — на 25 %; при 20 % — на 30 %, при 25 % — на 40 %, при 30 % — на 50 %. При износе или коррозии, достигших 40 % и более первоначального диаметра проволоки, канат должен быть забракован, даже если нет оборванных проволок.

Определение износа или коррозии проволок по диаметру должно производиться с помощью микрометра (при наличии соответствующих приборов для диагностики канатов в данную инструкцию вносятся конкретные дополнения по проведению контроля за работой каната).

19. Обрывы отдельных проволок можно откусывать кусачиками на расстоянии 10 мм от каната, а оставшиеся концы заправлять внутрь троса. О числе оборванных проволок необходимо делать записи.

20. Категорически запрещается работать на сращенных канатах.

Соединение оборванных канатов при отсутствии набегания места сростки на блоки или барабаны допускается с помощью двух петель. Число пробивок у каждой петли зависит от диаметра каната.

21. Списание каната при браковке или преждевременном аварийном изнашивании производится в установленном на предприятии порядке. В паспорт крана делается соответствующая запись о замене каната.

22. За неправильную техническую эксплуатацию крановых канатов, преждевременный износ каната несут ответственность ответственные за исправное состояние крана, крановщик и помощник крановщика, допустившие нарушение данной инструкции.

УДК 662.76

## ПАРОГАЗОГЕНЕРАТОР ДЛЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Северянин В.С.

БрГТУ, г.Брест

В технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций используется большое количество теплоты. Она образуется, как правило, в котельных и в виде горячего пара определенных параметров подается на объект воздействия. Таким образом, для теплопотребителя требуется собственная котельная или подсоединение к магистральным паропроводам. Очевидна низкая энергетическая эффективность такой схемы теплоснабжения (невысокий КПД у производителя теплоты, большие потери при транспорте и т.п.), крупные капитальные затраты и текущие расходы, инерционность технического и административного управления, большие пусковые издержки.

В последнее время в качестве теплоносителя начинает использоваться парогаз. Это смесь продуктов сгорания и водяных паров. Чаще вода впрыскивается в горячий газовый поток. Эта конструкция неудобна тем, что требуется повышенное давление для водяных форсунок, вода должна быть достаточно чистой, объем для завершения испарения велик. Чистые продукты сгорания подразумевают только газообразное топливо, что не всегда удобно.

В Брестском государственном техническом университете, в научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» разработан парогазогенератор на основе пульсирующего горения топлива (жидкого или газообразного).

Источник теплоты — камера пульсирующего горения (КПГ), требует своего охлаждения (температура факела внутри нее порядка 1200 °С), чтобы отказаться от дорогих жаростойких сталей. При охлаждении стенок КПГ водой образуется пар. Пульсирующее горение позволяет сжигать топливо без недожогов, вредные и нежелательные соединения в продуктах сгорания отсутствуют, и смешение пара с этим газовым потоком дает теплоноситель — парогаз высокого качества для термовлажностного воздействия.

Конструкция парогазогенератора (ПГГ) представляет собой КПГ (камера воспламенения, резонансная труба, аэродинамический клапан, форсунка, пусковая электросвеча, топливный насос), погруженную в водяную ванну с элементами подачи воды (поплавковый регулятор уровня, дренаж, перелив). Обязательным элементом является шумоглушитель. Поскольку КПГ излучает мощный звуковой поток, объем его используется также для размещения вспомогательных частей (вентилятор, фильтры, регуляторы, источники высокого напряжения для электросвечи и т.п.). ПГГ максимально приближен к объекту, поэтому отсутствуют газоходы, паропроводы. Парогаз целиком направляется, например, в пропарочную камеру, дымовая труба отсутствует. Аппарат автономен, транспортабелен (свое шасси или перевозка на платформе).

Достоинства ПГГ: высокое качество процесса горения; отсутствие недожогов, сажи. Происходит самоочистка от отложений (накипь, шлак) за счет вибраций при горении. Теплопередача от газового потока воде и пару в несколько раз интенсивнее, чем в стационарном режиме теплопередающих сред. Благодаря действию аэродинамического клапана происходит автоматическое засасывание воздуха и выброс продуктов сгорания. Интенсификация горения и теплообмена дает уменьшение габаритов (без глушителя устройство в 2–3 раза меньше аналогичных той же мощности). Избыточное давление в объектах ПГГ отсутствует. КПГ допускает свободную компоновку как внутри аппарата, так и с объектами воздействия. Отсутствие дорогих легированных сталей, простота конструкции и эксплуатации обуславливают сравнительно невысокую цену.

### *Краткая техническая характеристика ПГГ:*

- расход топлива (соляр, печное и т.п.).....5–15 кг/ч
- производительность: по газу.....100–500 м<sup>3</sup>/ч
- по пару.....50–150 кг/ч

– температура: продуктов сгорания.....	700–120
пара.....	до 10
парагаза.....	200–50
– давление парагаза.....	атмосферное
– относительная влажность парагаза.....	до 10
– тепловая мощность.....	50–120
– емкость водяной ванны.....	150–200
– излучаемый шум (с глушителем).....	80–100
частота.....	30–40
– общая масса без воды .....	около 3
– габариты с глушителем.....	2×1,2

Пилотный образец ПГГ собран совместными усилиями БрГТУ, Брестского завода, СУ-262 стройтреста № 28. ПГГ был установлен на одной из пропарочных введен в эксплуатацию в ноябре 2008 г. для термовлажностной обработки железобетона. До этого термическая обработка производилась передвижными нагревателями воздуха и представляла собой фактически сушку горячим воздухом. Перед вводом в эксплуатацию в 2008 г. были проведены предварительные испытания. Температура в пропарочной камере ПГГ составила 60–80 °С, относительная влажность — 100 %. Результаты по технологии термической обработки признаны положительными. В марте 2009 г. были проведены испытания в соответствии с СТБ 972-2000. Приемочная комиссия установила:

- состав и комплектность опытного образца соответствует технической документации;
- опытный образец парогазогенератора соответствует патенту № 4935 (патент БрГТУ);

- предъявленный опытный образец выдержал приемочные испытания (акт приемочной комиссии стройтреста № 8, СУ-262 от 27.03.09).

В справке о результатах использования ПГГ для обработки железобетонных изделий, выданной СУ-262, говорится: «Применение ПГГ позволило производить полноценную термическую обработку железобетонных изделий с соблюдением нормативных температурных и влажностных режимов, в т.ч. в осенне-зимний период, что было, в принципе, невозможно при отсутствии пара (применение воздухонагревателей). Выросли объемы выпуска железобетонных изделий при значительном повышении их качества».

## **ВМЕСТО БЕНЗИНА – ГАЗ**

*Линчук И.В.*

*Инженер-преподаватель*

Естественным топливом бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является бензин. Первоначально было разработано соответствующее оборудование (карбюраторы и форсунки), которое распыляет жидкое топливо для образования более качественной горючей смеси.

Бензин относится к углеводородному топливу. Но ведь многие горючие газы — также углеводородное топливо, например пропан-бутановые

смеси, природный газ. Пропан-бутановые смеси (нефтегаз) хранятся в сжиженном состоянии, а используются как газы. На основе нефтегаза горючая смесь (топливо плюс окислитель — кислород воздуха) наиболее качественная, чем на основе жидкого топлива. А если горючая смесь качественная, то и процесс ее сжигания происходит с наилучшими показателями — обеспечивается полнота сгорания с наименьшим содержанием

вредных выбросов в атмосферу. Показатели по токсичности (СО и СН) значительно снижаются. Например, при норме СО не более 1,5 % и СН не более 1200 ед. (для ДВС с числом цилиндров до 4 включительно) эти показатели могут быть снижены в 2–3 раза. При этом расход масла моторного значительно уменьшается, т.к. газ не обладает хорошими смывающими свойствами по сравнению с бензином. Двигатель работает «мягче» — октановое число у нефтегаза и применяемого компримированного (сжатого) природного газа не ниже 93–95 ед. Из-за относительно низкой температуры пламени у газов ДВС значительно меньше склонны к перегреву и расходуется тепловая энергия для испарения (регазификации) СУГ или подогрева СПГ, тем самым уменьшается температура охлаждающей жидкости. По калорийности газобразное топливо уступает бензину. За счет невысокой цены автомобильного газа получаем экономическую выгоду. Но окупаемость ГБО находится в прямой зависимости от эксплуатации ГБА: чем больше пробег на газе, тем быстрее окупятся затраты. Примерный коэффициент замены бензинового топлива нефтегазом составляет 0,7–0,85, т.е. 1 л сжиженного углеводородного газа эквивалентен 0,7–0,85 литра бензина. Этот коэффициент зависит от многих факторов: состава газа и марки бензина, условий и режима эксплуатации автомобиля, технического состояния ДВС и его систем, регулировок ГБО и др.

У двигателя, работающего на газе, компрессия должна быть не ниже 9–12 бар, клапаны (зазоры) отрегулированы, искра на свечах зажигания — надежная, угол опережения зажигания — установлен чуть раньше (~ на 2–5°), воздушный фильтр — чистый. Без выполнения требований изложенных в этом абзаце запуск ДВС на газе либо будет невозможным, либо трудным, либо эксплуатация транспортного средства будет происходить со значительными отклонениями от правил и норм, в т.ч. экологических, экономических, технических, дорожного движения и даже может привести к аварийным ситуациям на дороге.

Основными критериями оценки технического состояния газового оборудования ГБА, на взгляд автора, являются:

- наличие утечек газа;
- расход газа на 100 км пробега автомобиля;
- показатели токсичности (СО и СН) на прогревом двигателе;
- надежность и быстрота запуска ДВС в прогревом состоянии на газе;

- наличие запаха газа и черного дыма из выхлопной трубы;
- приемистость и плавность хода автомобиля на газе;
- устойчивость работы двигателя на холостом ходу и под нагрузкой.

#### **Практические советы по газобаллонным автомобилям (из опыта водителей)**

♦ Не выработывайте полностью газ из баллона, т.к. возможно нарушение герметичности соединения мультиклапан-баллон и в других местах.

♦ Следите за чистотой воздушного фильтра, т.к. при его засоренности значительно возрастает расход газа.

♦ Обратите внимание на место расположения редуктора-испарителя (либо испарителя) — он должен находиться ниже верхнего бачка радиатора системы охлаждения (либо ниже расширительного бачка), т.к. возможно образование воздушных пробок и дальнейшее обмерзание газового редуктора.

♦ Если двигатель заглушен, а из расширительного бачка или радиатора системы охлаждения ощущается запах газа и «бульканье», то необходимо проверить целостность мембраны или герметичность камеры первой ступени редуктора-испарителя.

♦ Если при движении накатом обороты х/х ДВС снижаются или он глохнет, то необходимо регулировкой ГБО увеличить подачу газа, т.е. чуть-чуть «обогащать» горючую смесь; а при увеличении оборотов холостого хода — чуть-чуть «обеднить» горючую смесь.

♦ Для исключения значительного износа деталей бензонасоса и исключения утечек бензина при эксплуатации ГБА на газе блокируют привод эксцентрика бензонасоса путем подтягивания рычага ручной подкачки топлива (при его наличии) с последующей фиксацией.

♦ Для уменьшения износа металлического поплавка карбюратора (трение металла о металл с пустой камерой, т.е. без бензина при эксплуатации на газе) необходимо изготовить развертку из пластика (подойдет пластиковая бутылка) по форме поплавковой камеры и проделать отверстия под жиклеры и вставить изделие во внутреннюю полость камеры карбюратора.

♦ Для более удобного удаления тяжелых испарившихся остатков СУГ из полости газового редуктора на соответствующий винт-штуцер лучше всего надеть с небольшим натягом так называемый кембрик, благодаря чему периодически (при наличии остатков) они аккуратно сливаются в

емкость. При попадании тяжелых остатков на стальные поверхности, даже окрашенные, со временем образуется коррозия.

♦ В большинстве случаев ЭМК бензиновый и ЭМК газовый магистральный взаимозаменяемы, поэтому при выходе из строя одного из них можно провести своеобразную рокировку, т.е. замену.

♦ При хранении ГБА в гараже (закрытом боксе) необходимо вырабатывать газ из газопровода и редуктора, предварительно перекрыв магистральный газовый ЭМК (или расходный вентиль на мультиклапане баллона) и перейти на бензин, дать поработать двигателю не менее минуты на холостом ходу.

♦ Будьте готовы к тому, что оборудование, входящее в выхлопную систему автомобиля (приемный коллектор — «штаны», резонатор, труба, глушитель) изнашиваются быстрее при эксплуатации АТС на газе. Это связано со значительным конденсатообразованием при сжигании нефтегаза.

♦ Не оставляйте ГБА на солнцепеке, особенно газовый баллон, т.к. при его нагреве происходит рост давления газа, что может привести к деформации баллона и утечкам газа.

♦ Для уменьшения расхода газа придерживайтесь щадящего, т.е. спокойного, стиля вождения автомобиля.

♦ При длительном движении АТС с одинаковой

скоростью (на средних оборотах ДВС) может наблюдаться «обмерзание» редуктора, что в дальнейшем приводит к уменьшению подачи газа при соответствующих нагрузках, уменьшается скорость движения и может заглохнуть двигатель. В этом случае следует перейти на меньшую скорость движения или остановиться на 2–3 мин и выключить двигатель — «обмерзание» исчезнет.

♦ Не допускать одновременной подачи двух топлив (газа и бензина) в камеру сгорания, т.к. запуск двигателя будет затруднен или невозможен.

♦ Ориентировочно определить окупаемость газобаллонного оборудования автомобиля можно по формуле

$$T = \frac{(S1 + S2) \times k}{N1 - N2} \times 100,$$

где  $T$  — период окупаемости, км/пробега;  $S1$  — стоимость комплекта ГБО;  $S2$  — стоимость монтажа, испытаний, регулировок, ремкомплекта и др.;  $N1$  — затраты по бензину и маслу на 100 км/пробега;  $N2$  — затраты по газу и маслу на 100 км/пробега;  $k$  — поправочный коэффициент, учитывающий некоторые накладные расходы при эксплуатации ГБА (условно можно принять 1,05–1,10); 100 — коэффициент перевода в километры.

Стоимость комплекта ГБО на данный момент времени отражена в таблице:

Автомобиль	Тип редуктора	Стоимость комплекта ГБО, Вг	Примечание
ВАЗ	VPR – 50	494 210	
ВАЗ	VPR – 50	519 890	
ВАЗ – инжектор	VPR – 50	529 840	
ВАЗ	Вакуумный	564 000	
ВАЗ	ИРДСГ – 450 Инжектор IV	585 790	Без стоимости баллона (торовый)
ГАЗ – 31029	Вакуумный	474 210	
ГАЗ – 3110 – инжектор	VPR – 50, ИРДСГ – 450 Инжектор IV	585 250	
ГАЗЕЛЬ	VPR	529 150	
ГАЗЕЛЬ – инжектор	VPR – 50, ИРДСГ – 450 Инжектор IV	1 034 400	
ГАЗЕЛЬ	Вакуумный	617 920	
ЗИЛ	Вакуумный	1 081 600	

Стоимость ремкомплектов: VPR — 26 160 Br.  
Вакуумный — 9510 Br.

*Примечание:* цены указаны на апрель 2009 г., магазин «Метан», РУПП «Витебскоблгаз».

**Использованные сокращения:**

- 1) ДВС — двигатель внутреннего сгорания;
- 2) ГБА — газобаллонный автомобиль;

- 3) ГБО — газобаллонное оборудование;
- 4) ЭМК — электромагнитный клапан;
- 5) АТС — автотранспортное средство;
- 6) СПГ — сжатый природный газ (компримированный газ);
- 7) СУГ — сжиженный углеводородный газ (нефтегаз).

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

*Гурин Сергей,*

*заместитель начальника управления по надзору за предприятиями химической промышленности и хлебопродуктов Госпромнадзора*

*Слука Михаил,*

*заведующий НИЛ, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ГУВПО «Белорусско-Российский университет»*

*Черная Лариса,*

*к. т. н., доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ГУВПО «Белорусско-Российский университет». к. т. н.*

Высокая эффективность применения автоматизированного регулируемого электропривода для регулирования параметров и оптимизации работы различных технологических систем с механизмами, особенно с насосными и вентиляционными установками, работающими в переменных режимах, подтверждена многолетним мировым опытом.

Регулируемый электропривод обеспечивает три основные взаимосвязанные функции: управление технологическим процессом рабочей установки в соответствии с предъявляемыми к нему требованиями, электромеханическое преобразование энергии с максимальной его эффективностью, повышение надежности, срока службы и межремонтных ресурсов оборудования.

Как правило, в большинстве технологических систем установлены электродвигатели в расчете на максимальную производительность оборудования, в то время как часы пиковой нагрузки, т.е.

время работы оборудования с максимальной производительностью, составляют всего 10–15 % общего времени работы оборудования. В результате, электродвигатели, работающие с постоянной скоростью вращения, потребляют значительно (до 50 %) больше электроэнергии, чем это требуется для обеспечения оптимального технологического процесса.

Ресурсосберегающий эффект регулируемого электропривода определяется его регулирующей способностью и возможностью плавных пусков и остановок насосов, вентиляторов и других механизмов.

За счет этого обеспечивается:

– работа механизмов большую часть времени на пониженных частотах вращения с уменьшением циклических динамических и вибрационных нагрузок на подшипники, уплотнения, крепления, фундаменты механизмов и электродвигателей и соответствующим увеличением их ресурса и межремонтного пробега;

– снижение механических, гидравлических и электродинамических нагрузок при пусках и в переходных режимах;

– исключение бросков тока в обмотках электродвигателей при пусках и снижение величины пусковых токов до номинальных значений;

– поддержание оптимального гидравлического режима и исключение возможности возникновения гидравлических ударов в трубопроводных системах и разрывов трубопроводов при пусках и остановках насосов и в других переходных режимах;

– исключение износа трубопроводной арматуры в связи со снятием с них регулирующих функций;

– исключение из конструкции вентиляционных установок регулирующих заслонок.

В практике экономический эффект от повышения надежности, срока службы и межремонтных ресурсов оборудования (насосных и вентиляционных агрегатов, арматуры и коммутационной электротехнической аппаратуры) за счет щадящих режимов оценивается выше экономического эффекта от экономии электроэнергии. Зарубежный опыт показывает: применение регулируемого электропривода в 3–4 раза повышает долговечность оборудования, в 2–3 раза сокращает операции по замене наиболее нагруженных элементов и узлов оборудования, что сокращает эксплуатационные затраты.

Реализация основных функций требует особого подхода к выбору и эксплуатации регулируемого электропривода по сравнению с нерегулируемым. Вместе с тем, возникают проблемы по выбору и внедрению регулируемого электропривода, особенно для взрывоопасных зон.

За последние годы произошло заметное сокращение числа специализированных проектных организаций в области автоматизированного электропривода. Это привело к тому, что решение по выбору регулируемого электропривода все чаще стало приниматься организациями, которых больше беспокоит выигрыш тендера на заказ и поставку электрооборудования, нежели конечный результат по внедрению. Исчезла согласованность проектных и наладочных организаций, проекты по применению частотно-регулируемых электроприводов во взрывоопасных зонах не согласовываются по взрывозащите в установленном порядке. В итоге появились примеры, когда предлагаемый электропривод оказывается либо неспособным обеспечить в полном объеме предлагаемые к нему технологические требования, либо его эксплуатационная надежность заметно уменьшается, а в ряде случаев может привести к авариям.

Частотно-регулируемый электропривод нужно рассматривать в совокупности с источником электроснабжения, коммутационными аппаратами, кабелями сети, кабелями электродвигателя, кабелями управления, фильтрами, заземлением, дополнительными устройствами, электродвигателем, преобразователем частоты, а также условиями их монтажа на объектах и режимами работы всего оборудования с учетом требований гл. 7.3 ПУЭ для данного класса взрывоопасной зоны, категории и группы взрывоопасной смеси.

На рис. 1 представлена рекомендуемая силовая схема преобразователя частоты (ПЧ) и его внешних соединений.

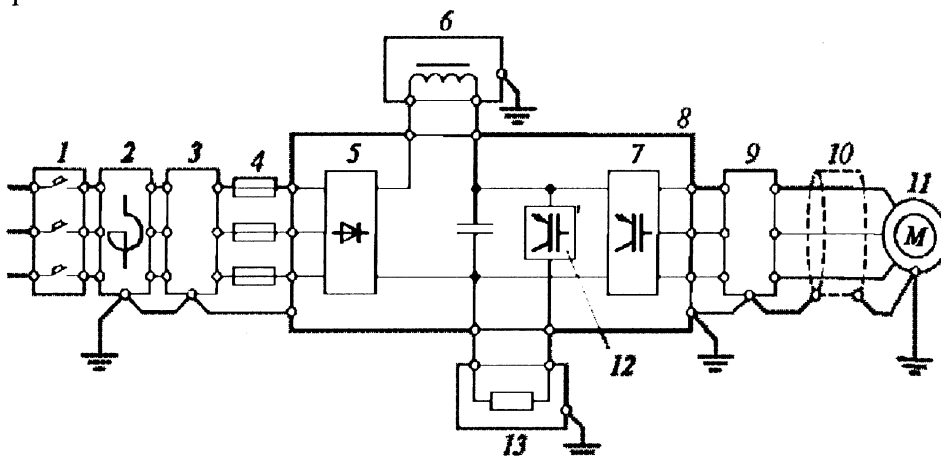


Рис. 1. Рекомендуемая схема ПЧ и его внешних соединений: 1 – автоматический выключатель; 2 – входной дроссель; 3 – входной фильтр; 4 – быстродействующий предохранитель; 5 – выпрямитель; 6 – дроссель постоянного тока; 7 – инвертор; 8 – преобразователь частоты; 9 – выходной фильтр; 10 – экранированный кабель; 11 – асинхронный двигатель; 12 – тормозной модуль или коммутатор; 13 – тормозной резистор



Подключение ПЧ к сети осуществляется через автоматический выключатель и /или контакторы и быстродействующие предохранители.

Входной (сетевой) дроссель повышает защиту ПЧ от перенапряжений. Кроме того, ПЧ, являясь источником 5-, 7-, 11- и 13-й гармоник, может влиять через сеть на другие потребители энергии. В этом случае использование входного дросселя также считается оправданным.

Так как частота переключений транзисторов в инверторе напряжения составляет 15–20 кГц, то ПЧ является и источником высокочастотных помех. Для уменьшения высокочастотных помех используется входной фильтр.

Высокий уровень высокочастотных помех может генерироваться выходным кабелем ПЧ, поэтому кабель между ПЧ и двигателем, как правило, экранированный, с обязательным заземлением на концах. Дополнительно может использоваться выходной фильтр. Входной и выходной фильтры устанавливаются на минимально возможном расстоянии от ПЧ, или, если это невозможно, они соединяются с ПЧ экранированным кабелем, заземленным на обоих концах.

Кроме того, уменьшить влияние помех позволяет отдельная прокладка силовых, информационных кабелей и кабелей от разных ПЧ (рекомендуемое минимальное расстояние между кабелями 250–300 мм), а также прокладка их в металлических трубах и коробах, использование экранированных информационных кабелей, правильное заземление всех электропроводок.

Правильная установка заземления очень важна вообще, но в приводе с преобразователем частоты этому должно быть уделено специальное внимание, чтобы гарантировать (дополнительно):

- работу всех защитных устройств и реле;
- допустимый уровень электромагнитных помех;
- допустимый уровень несущего напряжения, чтобы избежать токов, приводящих к повреждениям (отказам).

Необходимо учитывать, что в приводе с частотным преобразователем сумма напряжений фаз никогда не равна нулю. Это становится причиной трудности сохранения на корпусе двигателя нулевого потенциала. Важно провести дополнительно выравнивание потенциала между корпусом двигателя и приводным оборудованием, даже если они установлены на общем стальном основании.

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) выходного напряжения ПЧ имеет негативные последствия:

- возникновение пиковых перенапряжений в кабеле и на обмотках двигателя, которые в 2–4 раза превышают номинальное напряжение двигателя. Пики напряжений увеличиваются с увеличением несущей частоты ШИМ и длины кабеля;

- генерацию емкостных зарядных токов в кабеле двигателя;

- создание дополнительного шума двигателем.

Эти отрицательные последствия могут быть ослаблены использованием выходных фильтров, однако они накладывают ограничения на длину кабеля, что актуально для применения частотно-регулируемых электроприводов во взрывоопасных зонах (заводы-изготовители обычно указывают максимально допустимую длину кабеля между ПЧ и двигателем, класс и диэлектрическую проницаемость изоляции двигателя, передаточный импеданс экрана кабеля двигателя и кабеля управления).

Для уменьшения шума двигателя от высокочастотных составляющих тока двигателя используют выходной фильтр, либо увеличивают частоту коммутации ШИМ, а иногда применяют и то, и другое одновременно.

При проектировании и монтаже частотно-регулируемых взрыво-защищенных электроприводов следует учитывать требования ТНПА, действующие в Республике Беларусь, а также рекомендации заводов-изготовителей ПЧ. Подробные рекомендации для конкретных приводов с учетом исполнительных механизмов и условий их эксплуатации на предприятиях разрабатываются в установленном порядке НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета.

При модернизации взрывозащищенного электрооборудования с применением автономных инверторов для питания асинхронных двигателей следует проявлять осторожность, особенно, если инвертор не специфицирован в комплекте с двигателем. Это связано с дополнительным нагревом двигателя и ухудшением охлаждения самовентилируемых машин и, как следствие, понижением температурного класса оборудования вследствие повышения максимальной температуры поверхности (в некоторых случаях максимальная температура может возникнуть на валу двигателя). В подобных случаях обязательно следует проводить совместные испытания частотно-регулируемых электроприводов и приводных механизмов, установленных во взрывоопасных зонах, а сам проект по модернизации согласовывать в установленном порядке.

Таким образом, особенность применения частотно-регулируемых электроприводов для взрывоопасных зон заключается в следующем.

1. Применение частотно-регулируемых электроприводов экономически целесообразно, т.к. позволяет экономить электроэнергию, повышать надежность и совершенствовать управление технологическим процессом.

2. Проектирование и внедрение частотно-регулируемых электроприводов во взрывоопасных зонах в обязательном порядке должно быть согласовано с Госпромнадзором на соответствие действующим в Республике Беларусь ТНПА.

3. При модернизации нерегулируемых асинхронных электроприводов с целью применения частотно-регулируемых следует проявлять особую осторожность по использованию силовых кабелей, кабелей управления электродвигателей (по причине нагрева) и проводить совместные испытания частотно-регулируемого электропривода и приводного механизма с последующим согласованием в установленном порядке проекта по модернизации.

#### *Литература*

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. — 6-е изд., перераб. и доп. — ЗАО «Ксения», 2005.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей / Минэнерго СССР. — 4-е изд., перераб. и доп. — ЗАО «Ксения», 2005.
3. ГОСТ 30852.0-2002 Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0 Общие требования / Минск, Госстандарт Республики Беларусь. — 2003, с. 47.
4. ГОСТ 30852.8-2002 Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 7 Защита вида е / Минск, Госстандарт Республики Беларусь. — 2003, с. 49.
5. ГОСТ 30852.13-2002 Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 14 Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок) / Минск, Госстандарт Республики Беларусь. — 2003, с. 41.
6. ГОСТ 30852.16-2002 Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 17 Проверка и техническое обслуживание электроустановок во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок) / Минск, Госстандарт Республики Беларусь. — 2003, с. 17.
7. ГОСТ 30852.18-2002 Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 19 Ремонт и проверка электрооборудования, используемого во взрывоопасных газовых средах (кроме подземных выработок или применений, связанных с переработкой и производством взрывчатых веществ) / Минск, Госстандарт Республики Беларусь. — 2003, с. 24.

УДК 621.926

## **ВИБРАЦИОННЫЕ РЕССОРНО-СТЕРЖНЕВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ**

*Шаройкина Е.А., Сиваченко Л.А.*

*ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» г. Могилев*

Огромные издержки, связанные с проведением в технике операций по переработке сырья и материалов на основе процессов помола, вызывают необходимость создания нового технологического оборудования, обеспечивающего повышение технологической эффективности при одновременном существенном снижении энергетических, матери-

альных и трудовых затрат путем совершенствования их рабочих органов и рабочих процессов.

Машины для измельчения материалов должны иметь простую конструкцию, обеспечивающую удобство и безопасность обслуживания; минимальное число изнашивающихся и поэтому легко заменяемых деталей; предохранительные устройства,

которые при превышении допустимых нагрузок должны разрушаться или деформироваться, предотвращая поломки более сложных узлов. Конструкция должна отвечать санитарно-гигиеническим нормам звукового давления, вибрации и запыленности воздуха.

Нами для решения этих проблем, предложен новый вид машин для помола. В основе его положен механизм стержневого измельчения путем воздействия на частицы материала вибрационных звеньев определенного сечения (круглого, прямоугольного и т.д.). Рассмотрим варианты конструктивного исполнения рессорно-стержневых мельниц (рис. 1).

Схема 1. Помольная камера представлена в виде наклонно установленного лотка выпуклой формы с размещенными на нем перпендикулярно оси перемещения материала секциями виброударных пластинчатых элементов, на среднюю часть которых сверху установлен вибратор. Подача материала производится с помощью насоса в помольную камеру перпендикулярно оси воздействия вибратора.

Схема 2. Аналогична схеме 1, но лоток выполнен вогнутым. Достоинством такого варианта исполнения является отсутствие необходимости в установке сверху виброударных элементов наиболее мощного вибратора, т.к. вогнутый элемент деформировать гораздо проще, нежели выпуклый.

Схема 3. Имеет аналогию со второй схемой, однако исполнение такого типа является наиболее выгодным в отличие от двух первых, т.к. подача материала происходит вдоль направления движения материала по лотку, что не будет оказывать существенного вредного воздействия на насос.

Схема 4. Отличается от остальных исполнением лотка в виде плоской поверхности с установленными на нем выпуклыми рессорами. Схема хороша тем, что упрощается конструкция лотка. Однако такое упрощение усложняет исполнение других элементов мельницы, в частности необходимость установки роликов, а следовательно, и подшипников (что недопустимо из-за ударных нагрузок) на концах рессор, во избежание износа лотка и больших потерь на трение. Так же, как и в первой схеме, стоят сложности с фиксацией вибратора.

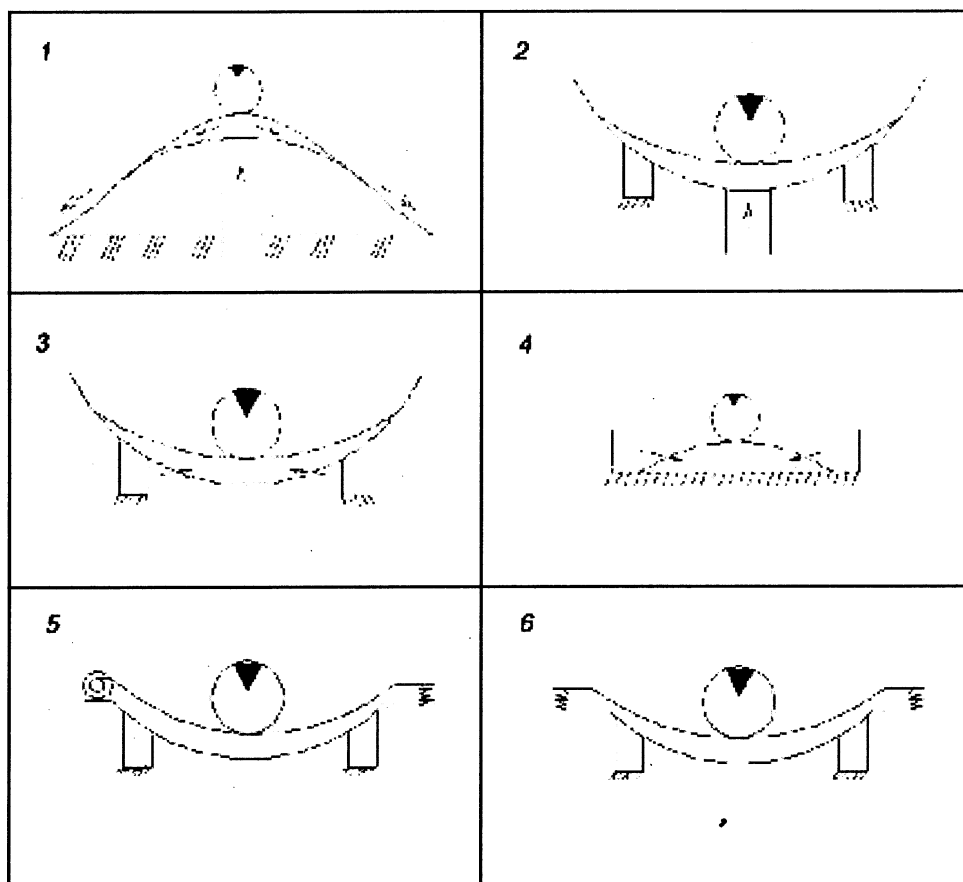


Рис. 1. Варианты конструктивного исполнения рессорно-стержневых мельниц

Схема 5. Аналогична схемам 2 и 3 с преимуществом, что рабочий элемент с одной стороны установлен в шарнир, а со второй стороны опирается на амортизаторы, что уменьшает трение рабочего элемента о лоток и позволяет избежать их кинематического деформирования.



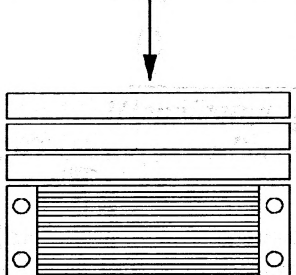
Схема 6. Аналогична схеме 5, но амортизаторы стоят с двух сторон лотка, что значительно упрощает продвижение материала по лотку, но может отразиться на качестве помола материала.

В разрабатываемой мельнице в качестве рабочего органа выбраны рессоры из-за их свойств, возвращаться в исходную форму, а также способности выдерживать большое количество циклов деформации и большие ударные нагрузки.

Для эффективной работы рессорной мельницы важно, чтобы ее рабочие элементы (рессорные пластины) совершали вертикальные колебания заданной амплитуды и большой частоты.

Рабочие элементы могут иметь различную форму поперечного сечения (табл. 1). От этого будут зависеть усилия разрушения, качество измельчения, энергоемкость, производительность и износостойкость. Примеры некоторых вариантов исполнения рабочих элементов и их установка в мельнице приведены ниже.

Возможные варианты исполнения набора рабочих элементов

<p>– единичные (используются пластины, рессоры или стержни)</p>	
<p>– кассетные (рабочие элементы собраны в кассеты)</p>	
<p>– комбинированные (используются как единичные, так и кассетные рабочие элементы)</p>	

При соответствующем изготовлении на новом агрегате может выполняться технологические операции: измельчение — классификация, измельчение — сушка, измельчение — промывка, измельчение — смешивание, обогащение, механоактивация и др.

Анализируя вышерассмотренные варианты исполнения, можно сделать заключение о том, что с точки зрения максимального использования потенциальных возможностей рессор в качестве рабочего органа наиболее перспективна схема 5 (рис. 1). На ее основе разработали структурную схему рессорно-стержневой мельницы (рис. 2).

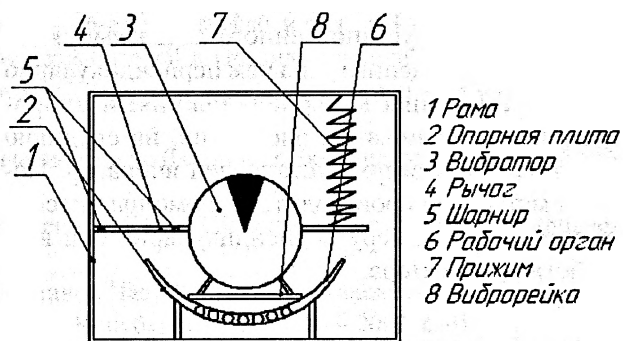


Рис. 2. Схема рессорно-стержневой мельницы

На основании данной схемы была спроектирована экспериментальная модель рессорно-стержневой мельницы (рис. 3).

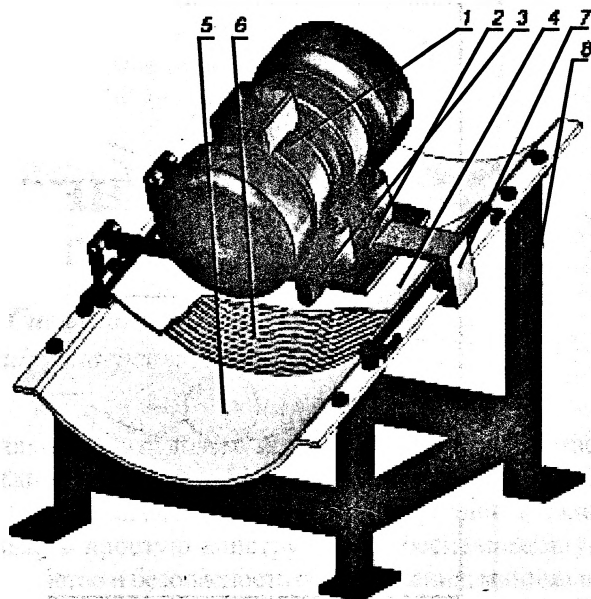


Рис. 3. Рессорно-стержневая мельница

Вибратор 1 установленный на консоль 2, приводит в движение прижимную плиту 4 с помощью прижима 3. Между лотком 5, установленном на раме 8, и прижимной плитой находятся рессорные (стержневые) элементы, собранные в кассету 6. Так, при движении материала вдоль лотка, он попадает в рабочую полость, где и разрушается. Компенсация действия вибратора достигается с помощью возвратного механизма 7. Между консолью и возвратным механизмом установлена пружина, которая и обеспечивает возвратное действие.

Для подтверждения наших предположений об измельчении материала и рабочем процессе выше указанной мельницы, изготовили экспериментальную модель рессорно-стержневой мельницы, и провели испытания. В качестве обрабатываемого материала в данной мельнице использовался мел, процесс разрушения которого был зафиксирован фотоаппаратом и представлен ниже в рис. 4, а–в. Разрушение материала проходило между лотком и пластиной.

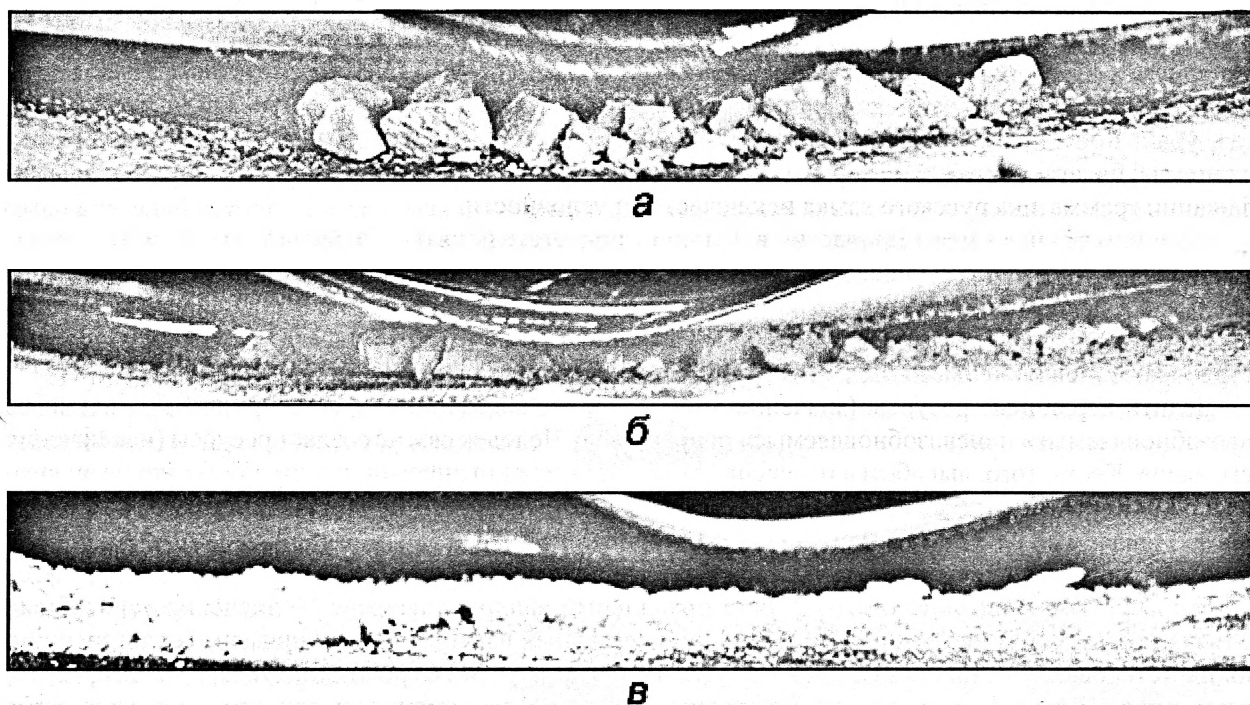
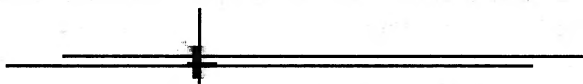


Рис. 4. Процесс разрушения материала на пластинчатой мельнице: а – исходный материал в зоне разрушения; б – характер разрушения частиц и образование трещин; в – измельченный материал

На основании этих и других экспериментальных и теоретических исследований, дающих основание считать представленный тип мельницы перспективным видом оборудования для многих отраслей народного хозяйства, нами разработан технологический проект стержневой мельницы мощностью 12 кВт для измельчения вяжущей смеси в производстве силикатного кирпича в

замен шаровой мельницы 2×10,5 м с установленной мощностью двигателя 500 кВт. В качестве рабочих элементов могут служить рессорные пластины, производимые Минским рессорным филиалом РУП МАЗ.

Рессорно-стержневые мельницы являются принципиально новым технологическим видом оборудования и не имеют мировых аналогов.



## ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

*Северянин В.С.*

*профессор, доктор технических наук,  
почетный профессор Брестского государственного технического университета*

Хотелось бы обратить внимание на неправильное, по моему глубокому убеждению, использование слова «возобновляемый». Это слово постоянно звучит в СМИ, выступлениях не только чиновников, но и специалистов, и что особенно удивительно — в устах, казалось бы, лингвистически подготовленных комментаторов, рецензентов, корреспондентов и т.п. Речь идет в условиях повышенного внимания к проблемам энергосбережения об энергетических ресурсах, которые, в частности, делятся на «возобновляющиеся», т.е. создающиеся снова сами собой, без влияния, например, человека, и на «невозобновляющиеся», т.е. расходуемые без возобновления кем-либо. Первые — энергия солнечных лучей, ветра, разных течений, биомасса (дикая, не выращиваемая человеком). Вторые — уголь, нефть, природный газ, уран. Конечно, граница между ними условная (растения можно специально выращивать для сжигания; полагают, что углеводороды постоянно образуются в глубинах земли), но в принятой классификации грамматика русского языка исключает эти условности.

В данном случае имеем причастие в функции прилагательного — действительное, а не страдательное (т.е. самовыполняющее действие, а не испытывающее на себе действие со стороны другого предмета в настоящем времени несовершенного вида в возвратной форме (предмет сам совершает действие, направленное на себя: сам себя возобновляет или какое-то вещество возобновляется, оно стало «возобновляющимся»). Если его возобновил человек, то оно — «возобновленное»).

Делить первичные ресурсы (значение этого слова — «источник») в общепринятом понятии на «возобновляемые» и «невозобновляемые» неправильно. Человек сам не создает ресурсы (исключения см. выше. Кроме того, выработка ресурсов тогда — это затрата энергии, в этом случае это не энергоресурс, который может дать полезную энергию, а какой-то другой продукт). Вот мусор, отходы — «возобновляемый ресурс» (низкого качества, вторичный).

Таким образом, следует говорить: «возобновляющиеся энергоресурсы» и «невозобновляющиеся энергоресурсы». В английском языке есть правильный аналог: renewable — дословно «способный снова стать новым». Между прочим, в прежних серьезных изданиях (см. например, Теплогенерирующие установки: учебник для ВУЗов / Г.Н. Делягин [и др.]. — М.: Стройиздат, 1986. — С. 9, 10, 12, 16) терминология была именно утверждаемая мною. Почему она изменилась так, что даже искажается технический и особенно экономический смысл определяемых положений? Почему за этим никто не следит? Может, у нас письменность переходит на иероглифический принцип — многозначность символа? По-моему, это регресс.

Любая наука начинается с терминологии. Когда мы говорим об энергоэффективности с научным обоснованием, исходные понятия должны быть безупречны.

Прошу вашей помощи в широком разъяснении данной ситуации. Сейчас в СМИ часто звучат неправильные термины. Когда я рассказываю об изложенном выше, люди задумываются и соглашаются со мной. Но этого мало!

## НОБЕЛЕВСКИЕ ПРЕМИИ И НОБЕЛЕВСКИЕ ИНСТИТУТЫ

Карл Густаф БЕРНХАРД

Нобель скончался 10 декабря 1896 г. В своем знаменитом завещании, написанном в Париже г., он сформулировал:

*«Все мое оставшееся реализуемое состояние распределяется следующим образом.*

*Весь капитал должен быть внесен моими душеприказчиками на надежное хранение под поручительство и должен образовать фонд; назначение его — ежегодное награждение денежными призами тех лиц, которые в течение предшествующего года сумели принести наибольшую пользу человечеству. Сказанное относительно назначения предусматривает, что призовой фонд должен делиться на пять равных частей, присуждаемых следующим образом: одна часть — лицу, которое совершит наиболее важное открытие или изобретение в области физики; вторая часть — лицу, которое добьется наиболее важного усовершенствования или совершит открытие в области химии; третья часть — лицу, которое совершит наиболее важное открытие в области физиологии или медицины; четвертая часть — лицу, которое в области литературы создаст выдающееся произведение идеалистической направленности; и наконец, пятая часть — лицу, которое внесет наибольший вклад в дело укрепления содружества наций, в ликвидацию или снижение напряженности противостояния вооруженных сил, а также в организацию или содействие проведению конгрессов миролюбивых сил.*

*Награды в области физики и химии должны присуждаться Шведской королевской академией наук; награды в области физиологии и медицины должны присуждаться Каролинским институтом в Стокгольме; награды в области литературы присуждаются академией в Стокгольме; наконец, премия мира присуждается комитетом из пяти членов, выбираемых норвежским стортингом (парламентом). Это мое волеизъявление, и присуждение наград не должно увязываться с принадлежностью лауреата к той или иной нации, равно как сумма вознаграждения не должна определяться принадлежностью к тому или иному подданству».*

*должны присуждаться Шведской королевской академией наук; награды в области физиологии и медицины должны присуждаться Каролинским институтом в Стокгольме; награды в области литературы присуждаются академией в Стокгольме; наконец, премия мира присуждается комитетом из пяти членов, выбираемых норвежским стортингом (парламентом). Это мое волеизъявление, и присуждение наград не должно увязываться с принадлежностью лауреата к той или иной нации, равно как сумма вознаграждения не должна определяться принадлежностью к тому или иному подданству».*



Предложение принять на себя ответственность выбора лауреатов было воспринято упомянутыми в завещании Нобеля организациями только после продолжительных обсуждений. Различные члены этих организаций высказывали свои сомнения и, ссылаясь на неопределенность формулировки завещания, вполне решительно заявляли о трудности его реализации. Все же в 1900 г. Нобелевский фонд был создан, и его статус был выработан специальным комитетом на основе условий, оговоренных в завещании.

Нобелевский фонд в качестве независимой, неправительственной организации несет ответст-

венность за управление делами, заключающееся в «обеспечении сохранности финансовой основы и деятельности, связанной с выборами лауреатов». Нобелевский фонд отстаивает также общие интересы институтов, присуждающих премии, и представляет эти институты на внешнем уровне. В компетенцию фонда входит проведение ежегодной церемонии презентации лауреатов Нобелевской премии по представлениям институтов, производящих выборы лауреатов. Нобелевский фонд сам по себе не участвует в выдвижении кандидатов, в процессе рассмотрения

их кандидатур или в принятии окончательного выбора. Указанные функции выполняются ассамблеями, присуждающими премии, независимо. В наши дни Нобелевский фонд управляет также Нобелевским симпозиумом, который с 1966 г. поддерживается, главным образом, за счет субсидий, выделяемых Шведским банком, имеющим 300-летнюю историю.

Статус Нобелевского фонда и специальные правила, регламентирующие деятельность институтов, присваивающих премии, были обнародованы на заседании Королевского совета 29 июня 1900 г. Первые Нобелевские премии были присуждены 10 декабря 1901 г. Политическое единение Швеции с Норвегией после длительных дебатов оформилось в 1905 г. Текущие специальные правила для организации, присваивающей Нобелевскую премию мира, т.е. для Норвежского нобелевского комитета, датированы 10 апреля 1905 г.

В 1968 г. Шведский банк по случаю своего 300-летнего юбилея внес предложение о выделении премии в области экономики. После некоторых колебаний Шведская королевская академия наук приняла на себя роль института, присваивающего премию по данному профилю, в соответствии с теми же принципами и правилами, которые применяются к исходным Нобелевским премиям. Указанная премия, которая была учреждена в память об Альфреде Нобеле, присуждается 10 декабря вслед за презентацией других Нобелевских лауреатов. Официально именуемая как Премия по экономике памяти Альфреда Нобеля, впервые она была присвоена в 1969 г.

В наши дни Нобелевская премия — не только денежное вознаграждение, которое сейчас превышает 2 млн. шведских крон (225 тыс. долларов США), но и знак высшего отличия человеческого интеллекта. Кроме того, данная премия может быть отнесена к немногочисленным наградам, известным не только каждому ученому, но и большей части неспециалистов. В соответствии со статусом Нобелевская премия не может быть присуждена совместно более чем трем лицам. Поэтому только незначительное количество претендентов, имеющих выдающиеся заслуги, может надеяться на награду.

Престиж Нобелевской премии зависит от эффективности механизма, используемого для процедуры отбора лауреата по каждому направлению. Этот механизм был установлен с самого начала, когда было признано целесообразным собирать документированные предложения от квалифицированных экспертов различных стран, тем

самым еще раз был подчеркнут интернациональный характер награды.

Для присвоения награды по каждому направлению существует специальный Нобелевский комитет. Шведская королевская академия наук учредила в своем составе три комитета: по физике, химии и экономике. Каролинский институт дал свое имя комитету, присуждающему премии в области физиологии и медицины. Шведская академия выбирает также комитет по литературе. Кроме того, норвежский парламент — стортинг — выбирает комитет, присуждающий премии мира. Нобелевские комитеты играют решающую роль в процессе выбора лауреатов. Каждый комитет состоит из пяти членов, но может обратиться за помощью к специалистам других областей науки.

Действующий порядок использования фонда Нобелевских премий так же, как и порядок выдвижения, отбора и утверждения кандидатов, очень сложен. Право выдвижения кандидатов принадлежит отдельным лицам, а не учреждениям; это позволяет избежать публичного обсуждения и процедуры голосования. Для подбора кандидатур на премию в области литературы представления направляются от специалистов в области литературы и языкознания — членов академий и обществ примерно такого же плана, как Шведская академия. Чтобы получить предложения относительно кандидатов на премию мира, устанавливаются контакты с представителями таких наук, как философия, история, юриспруденция и политические науки, а также с активными общественными деятелями. Некоторые специалисты получают право индивидуально утверждать претендента; среди таких лиц — лауреаты Нобелевской премии прежних лет и члены Шведской королевской академии наук, Нобелевской ассамблеи Каролинского института и Шведской академии. Право предложения имен кандидатов является конфиденциальным.

Утвержденные предложения должны быть получены до 1 февраля года присуждения награды. С этого дня начинается работа Нобелевских комитетов: до сентября члены комитетов и консультанты оценивают квалификацию кандидатов на присуждение премии. Комитеты совещаются несколько раз, причем заслушиваются предложения различных членов комитета и привлекаемых к работе экспертов со стороны, стремящихся определить оригинальность и значимость вклада в общечеловеческий прогресс каждого кандидата. Разные члены комитета или приглашенные эксперты могут делать сообщения относительно различных



аспектов того или иного предложения. Ежегодно в подготовительной работе участвует несколько тысяч специалистов. Когда предварительная работа завершена, комитет утверждает свои оставшиеся пока в тайне отчеты и рекомендации по соответствующим кандидатурам и передает их в инстанции, присуждающие премии, которые должны единолично принимать окончательное решение.

С сентября или начала октября Нобелевские комитеты готовы к дальнейшей работе. В областях физики, химии и экономических наук они подтверждают свои донесения соответствующим «классам» Шведской королевской академии наук, каждый из которых насчитывает около 25 членов. Затем классы направляют свои рекомендации в академию для принятия окончательного решения. Процедура присуждения премии в области физиологии и медицины аналогична, за исключением того, что рекомендация Нобелевского комитета направляется непосредственно Нобелевской ассамблее (с 50 участниками) Каролинского института. При решении судьбы премии в области литературы 18 членов Шведской академии принимают решение на основе предложения Нобелевского комитета. Решение о присуждении премии мира осуществляется Норвежским нобелевским комитетом самостоятельно.

В октябре в различных ассамблеях проходят окончательные выборы. Лауреаты проходят окончательное утверждение и объявляются на весь мир в ходе пресс-конференции в Стокгольме, на которой присутствуют представители всех важнейших информационных агентств. Также кратко излагаются причины присуждения премии. На пресс-конференциях, как правило, присутствуют специалисты из различных областей науки и техники, которые могут дать более полные разъяснения относительно достижений лауреатов и значимости их вклада в общемировой прогресс.

Впоследствии Нобелевский фонд приглашает лауреатов и членов их семей в Стокгольм и Осло 10 декабря. В Стокгольме церемония чествования проходит в Концертном зале в присутствии около 1200 человек. Премии в области физики, химии, физиологии и медицины, литературы и экономики вручаются королем Швеции после краткого изложения достижений лауреата представителями присуждающих награды ассамблей. Празднование завершается организуемым Нобелевским фондом банкетом в зале городской ратуши.

В Осло церемония вручения Нобелевской премии мира проводится в университете в зале

ассамблей в присутствии короля Норвегии и членов королевской семьи. Лауреат получает награду из рук председателя Норвежского нобелевского комитета. В соответствии с правилами церемонии награждения в Стокгольме и Осло лауреаты представляют собравшимся свои Нобелевские лекции, которые затем публикуются в специальном издании «Нобелевские лауреаты».

Понятно, что для выбора лауреатов приходится проделывать громадную работу. Например, из 1000 получивших право на выдвижение кандидатов по каждой из областей науки осуществляют это право от 200 до 250 человек. Поскольку предложения часто совпадают, количество действительных кандидатов оказывается несколько меньшим. В литературе указано, что Шведская академия производит выбор из общего числа от 100 до 150 кандидатов. Редкий случай, когда предлагаемая кандидатура получает премию с первого представления, многие претенденты выдвигаются по несколько раз.

Выборы Нобелевских лауреатов часто подвергают критике в международной прессе как действие при закрытых дверях. Что касается жалоб на завесу секретности, достаточно сказать, что, согласно статусу, совещания, мнения и предложения Нобелевских комитетов, связанные с присуждением наград, могут и не быть доступными для публики раньше времени. Кроме того, никакие протесты относительно награждений не регистрируются и не разглашаются.

Но в действительности существует гораздо больше достойных кандидатов, претендующих на одну премию. Лауреат Нобелевской премии по химии 1948 г. Арне Тиселиус, который работал председателем Нобелевского фонда несколько лет, описал эту ситуацию следующим образом: «Вы не можете на практике реализовать принцип награждения Нобелевской премией того, кто более других достоин этого; вы не сможете определить, кто же лучший. Следовательно, у вас остается только один выход: попытаться найти особенно достойного кандидата».

Обработка данных при выявлении лауреата базируется на принципах, подчеркнутых в завещании Нобеля. В отношении физики, химии, физиологии и медицины в завещании говорится о важности открытия, изобретения или усовершенствования в указанных областях. Таким образом, награды присуждаются не за работу всей жизни, а за какое-то особое достижение или небывалое открытие. Как экспериментатор и изобретатель Нобель очень хорошо представлял себе, что такое

открытие. Концепции часто меняются; единственное, что остается, — данные эксперимента, экспериментальные факты — открытия. Вклад отдельных ученых может иметь большое значение в развитии их направлений деятельности, но они могут не удовлетворять специальным требованиям, обусловленным правилами присвоения Нобелевских премий.

Условия научной работы и условия труда ученых в настоящее время сильно отличаются от тех, которые существовали при жизни Альфреда Нобеля. Этот фактор осложняет выбор лауреатов. В наши дни правилом стало коллективное творчество, которое и становится условием совершения выдающихся открытий. Тем не менее награды предусматриваются для отдельных лиц, а не больших коллективов. Эта ситуация приводит к возникновению дилеммы, с которой сталкивается жюри, присваивающее награды, в стремлении выполнить намерения Нобеля.

В своем завещании Нобель декларирует, что для присуждения премии по литературе «идеалистическая направленность» должна быть достаточным условием. Это неопределенное выражение имело различные аргументированные объяснения. В произведении «Нобель, человек и его премии», написанном в 1962 г. Андерсом Эстерлингом, последним секретарем Шведской академии, говорится: «То, что он в действительности подразумевал под указанным термином, возможно, было связано с произведениями гуманитарного и конструктивного характера, которые, подобно научным открытиям, могли бы рассматриваться в качестве вклада в прогресс всего человечества». В наши дни Шведская академия уже воздерживается от каких бы то ни было толкований данного выражения.

При оценке достижений в различных областях со ссылкой на выражение «для прогресса человечества» также приходится встречаться со значительными трудностями. Беглый взгляд на длинный список лауреатов Нобелевской премии во всех областях показывает тем не менее, что были предприняты серьезные усилия, чтобы удовлетворить самые разнообразные требования. Например, награды за научные достижения присуждались за открытия в теоретических областях в той же степени, что и за успехи в прикладных исследованиях. Ларс Йюлленстен, прежний секретарь Шведской академии, как-то заметил: «Всякому критику следовало бы согласиться на принятие некоторых прагматических процедур и учесть основную точку зрения завещания Альфреда Нобеля относительно распределения наград для

содействия и науке, и поэзии — распределять награды с перспективой достижения всеобщего блага человечества, а не ради пустого соблюдения статуса присуждения премии».

С самого начала стало очевидно, что присуждения премий за достижения в науке или литературе, датируемые предшествующим награждению годом, не могли быть реализованы на практике, хотя они и соответствовали бы самым высоким стандартам. Поэтому в правила, регламентирующие присвоение премий, было добавлено: «Положение завещания, что присуждению премий должны подлежать работы, выполненные в предшествующем награждению году, следовало бы понимать в том смысле, что награждению подлежат наиболее совершенные и современные достижения, а работы прежних лет — только в том случае, если их значение не стало понятным вплоть до последнего времени». Открытие пенициллина, например, имело место в 1928 г., а премия за него не присуждалась вплоть до 1945 г., когда истинное значение лекарства было установлено благодаря практическому использованию. Точно так же вклад автора литературного произведения не может быть полностью оценен до тех пор, пока он не рассмотрен в контексте всего его творчества. Следовательно, многие лауреаты получали свои премии по литературе на склоне своих лет.

Также можно допустить, что выбор лауреатов в области литературы и борьбы за мир часто противоречив, что существуют не совсем мотивированные присуждения наград и в различных областях науки. Эти обстоятельства отражают трудности, с которыми встречаются комитеты при определении лауреатов. Но удивление вызывает не критика, а то, что ее относительно мало в обширной литературе, посвященной деятельности Нобелевских лауреатов и работам, удостоенным премии.

Довольно часто Нобелевский фонд критикуют за нежелание распространить премии и на другие области человеческой деятельности. Но причина заключена в завещании самого Нобеля: им было предусмотрено награждение только по пяти областям, которые он определил как обязательные. Единственным исключением является присуждение Нобелевской премии за достижения в области экономики, также контролируемое Нобелевским фондом. Тем не менее присуждающее премии жюри работает с постоянным расширением рамок установленных ограничений. В 1973 г., например, премия по физиологии и медицине была присуждена трем этологам, а в 1974 г. — за инициативные

исследования в радиоастрофизике. Премия по физике в 1978 г. была присвоена за открытие микроволнового космического фонового излучения, что также является примером возрастающей либерализации в вопросах присуждения наград.

В течение 25 лет, когда автор статьи был профессором Каролинского института, он выполнял обязанности члена и председателя Нобелевского комитета. Впоследствии в качестве президента, а затем — генерального секретаря Шведской королевской академии наук автор имел счастье в течение 10 лет принимать участие в рассмотрении работ по физике, химии и экономике. На протяжении указанного 35-летнего периода автор непосредственно мог наблюдать, с какой деликатностью члены жюри по присуждению премий в областях науки и техники подходят к выполнению своей миссии, был очевидцем кропотливого труда специалистов при вынесении решений о присуждении премии.

Принимая участие в работе, связанной с присуждением Нобелевских премий, автор часто отвечал на вопросы представителей различных организаций, касавшиеся процесса выбора Нобелевского лауреата и образования новых международных премий. Обычно в этих случаях давались три частных совета. Во-первых, следует тщательно определять предмет обсуждения, чтобы можно было сделать надлежащие оценки. Мы знаем, как чрезвычайно трудно бывает сделать выбор даже в такой «сложившейся науке», как физика. Во-вторых, следует иметь достаточно времени для самого процесса выбора. В-третьих, потребуется

достаточный фонд, чтобы покрывать издержки, которые обусловлены работой по выбору награжденных, т.к. это потребует привлечения большого круга специалистов. Действительно, стоимость выбора Нобелевских лауреатов, организации и проведения церемонии вручения наград становится соизмеримой со стоимостью самих Нобелевских премий.

Нобелевские премии представляют собой уникальные награды и являются особо престижными. Часто задают вопрос, почему эти премии привлекают к себе намного больше внимания, чем любые другие награды XX в. Одной из причин может быть тот факт, что они были введены своевременно и отмечали некоторые принципиальные исторические изменения в обществе. Альфред Нобель был подлинным интернационалистом, и с самого основания премий его имени интернациональный характер наград производил особое впечатление. Строгие правила выбора лауреатов, которые начали применяться с момента учреждения премий, также сыграли свою роль в признании важности рассматриваемых наград. Как только в декабре заканчиваются выборы лауреатов текущего года, начинается подготовка к выборам лауреатов следующего года. Подобная круглогодичная деятельность, в которой участвует столько интеллектуалов из всех стран мира, ориентирует ученых, писателей и общественных деятелей на работу в интересах развития общества, которая предшествует присуждению премий за «вклад в общечеловеческий прогресс».



Поздравляем члена редакции журнала «Инженер-механик», главного Ученого секретаря Национальной Академии Наук Беларуси Чижик Сергея Антоновича с избранием его в члены-корреспонденты Национальной Академии Наук Беларуси. Желаем творческих успехов и крепкого здоровья.

*Редакция журнала*

## ПРОТИВОСТОЯНИЕ ЛЕТАЮЩИХ МОНСТРОВ

(Продолжение. Начало см. №№ 2–3 2008 г., № 1 2009 г.)

Клеванец Ю.В.

**Стратегический бомбардировщик Б-52** (см. «Инженер-механик» № 1 2009 г.)

Кроме кессонных монолитных панелей, в конструкции крыла применены и трехслойные обшивки.

Низкая «посадка» самолета на четырех стойках-«лапах» с четырехколесными тележками придает самолету вид некоего гигантского хищного дракона. Носового колеса обычного на всех современных самолетах на Б-52 нет. «Ноги» шасси при посадке с боковым ветром предварительно разворачиваются, отчего самолет начинает движение по ВПП несколько боком, выравниваясь после того, как твердо встанет на землю.

Ствольное оборонительное вооружение сведено к кормовым дистанционно управляемым пушкам. В то же время общая масса аппаратуры РЭБ впервые в мире доведена до 2,7 т. Самолет оснащен системой пассивных помех и сбрасываемыми ложными целями, может нести антирадарные ракеты и ракеты для уничтожения ЗРК.

Надо сказать, что на Б-52 изначально предусматривалась возможность модернизаций. Сначала он разрабатывался под свободно падающие бомбы, в том числе атомные. Из-за этого на нем устанавливались, как и на предшественниках, обычные оптические бомбовые прицелы. Затем, когда «Стратофор-трессы» вооружили тяжелыми атомными ракетами (1961–1976 гг.), а за ними и крылатыми ракетами (с 1981 г.) (рис. 1), потребовалась установка навигационно-прицельного радиолокационного комплекса. Нос самолета из-за «наростов», «буг-

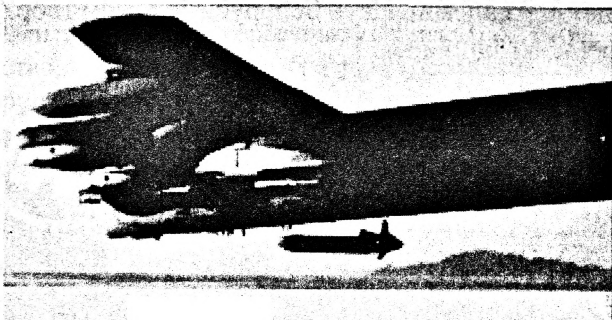


Рис. 1. Пуск крылатой ракеты с Б-52

ров», «бородавок» антенн стал действительно напоминать драконью морду, что даже немного уменьшило скорость полета.

Управление рулями высоты и направления тяговое, безбустерное, что для сверхтяжелой машины достаточно экзотично.

### Немного истории

В 1955 г. самолет был принят на вооружение. Стоимость серийной машины 8,7 млн. дол. в ценах 1960 г. В мае 1956 г. с него сброшена первая американская водородная бомба на атолл в Тихом океане. Возможности нового «стратега» продемонстрировал групповой кругосветный перелет 3 бомбардировщиков в январе 1957 года. За 45 ч 19 мин самолеты пролетели с одной дозаправкой в воздухе 39 750 км. С начала 1960-х гг. организовано круглосуточное боевое дежурство бомбардировщиков на 36 аэродромах, при этом какая-то часть самолетов постоянно находилась в воздухе. Постоянное дежурство было прекращено только в сентябре 1991 г., когда стало ясно, что Советский Союз доживает последние дни.

Отдельная строка в биографии «Стратофор-трессов» — участие в войнах. Во Вьетнаме они применялись с 1965 по 1973 г., кроме самого Вьетнама бомбили также Лаос и Камбоджу. Северный Вьетнам, т.е. ДРВ, куда интенсивно поставлялась советская техника, пострадал меньше (по данным американцев, на него направлялось 6 % воздушных ударов от общего числа). Зато в Южном Вьетнаме стараниями американской авиации в лунный ландшафт было превращено более четверти территории.

В истории навсегда останется «Рождественская» бомбардировка ДРВ 18–30 декабря 1972 г., когда 210 Б-52 сбросили на Ханой, Хайфон и другие города 100 000 т. бомб. При этом американцы не считались даже с тем, что в Хайфоне могут быть советские суда (т.е. была возможность для глобализации конфликта). Налеты производились ночью на большой высоте плотным строем бомбардировщиков с прикрытием десятков истребителей, т.е. примерно так же, как это делалось при

ударах по Германии в 1944–45 гг. Автор этой статьи помнит, как школьники всего Советского Союза собирали теплые вещи для отправки во Вьетнам.

Вьетнамская сторона заявила о 34 сбитых Б-52. Американцы опровергают эту цифру. Один бомбардировщик в том декабре сбил Фам Туан, Герой Вьетнама, будущий космонавт.

В военном смысле тотальная бомбардировка ДРВ ослабила напор вьетнамских сил на юге, предотвратила переход неизбежного поражения сухопутной армии американцев в разгром и капитуляцию.

Постановка на вооружение в странах Варшавского договора все новых и новых ЗРК заставила специалистов «Боинга» рассмотреть возможность маловысотных полетов на Б-52. «Стратофортресс» оборудовали усиленным крылом и дополнительным навигационным комплексом. Впрочем, крупный и тяжелый самолет долго летать на малой высоте не может, это еще раз подтвердил пример Б-52. Надо заметить, что не способствовало полетам на малой высоте и достаточно традиционное для американцев небольшое соотношение тяга двигателя/максимальная взлетная масса.

Последняя модернизация «Стратофортресса» связана с перевооружением крылатыми ракетами, способными огибать рельеф местности на малой высоте (с 1981 г.). Именно в этом варианте Б-52 принимали участие в двух вторжениях в саддамовский Ирак.

В настоящее время (т.е. спустя 57 лет после первого полета) на вооружении США еще находится 95 самолетов Б-52.

**Работы фирмы «Норт Америкен». Стратегический бомбардировщик ИКСБ-70 «Валькирия»**

Сразу же после успешных испытаний Б-52 генералы ВВС принялись размышлять над тем, каким будет следующий бомбардировщик. Побеждала фантастическая на тот момент идея самолета, который должен был подходить к цели на высоте 20 км со скоростью равной двум звуковым, а для прорыва ПВО разгонялся бы до трех «Махов». При этом дальность полета должна была быть такой же, как у Б-52.

Предварительное проектирование на разных фирмах показало, что для выполнения этого задания взлетная масса может превысить и 300, и 350 т. ВВС такому исходу решительно воспротивились. К 1957 г. сформировался наконец облик бомбардировщика, который вписывался бы в заданные параметры и не превышал бы по массе 250 т.

Проект принадлежал фирме «Норт Америкен». В печати говорится, что приоритет этой фирмы

объяснялся не превосходством ее технических идей, а желанием государственной администрации поддержать разработчиков знаменитого когда-то «Мустанга», для которых после войны настала полосу неудач.

Аэродинамическая схема самолета, которому присвоили индекс Б-70 (рис. 2), и сейчас представляется и достаточно сложной, и футуристичной. Во-первых, схема объединяет в себе «бесхвостку» и «утку». Т.е. бомбардировщик оснащен передним горизонтальным оперением (ПГО), что характерно для «утки». ПГО имеет две оси вращения (две степени свободы), т.е. отдельный руль высоты, плюс к тому может отклоняться и вся консоль ПГО целиком. На задней кромке крыла установлены так называемые «элевоны», также имеющие две оси качания. Элевоны могут отклоняться и вместе, т.е. в одну сторону, и в разные стороны (движения эти независимы друг от друга), играя роль то рулей высоты, то элеронов. Наличие элевонов характерно для «бесхвостки» или «летающего крыла».

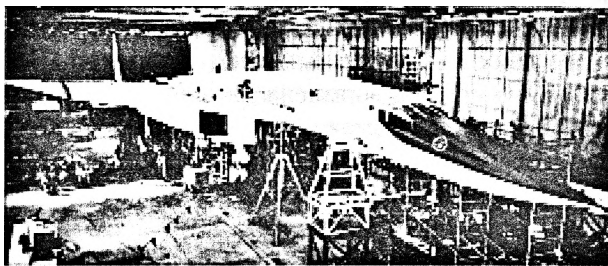


Рис. 2. Б-70 в ангаре

Во-вторых, «Валькирию» можно назвать самолетом с изменяемой геометрией крыла. Только у неё крыло меняет не стреловидность, как у других летательных аппаратов с таким названием, а угол поперечной установки. Как ни странно это звучит, но «поджимая», опуская крыло на сверхзвуковых скоростях, Б-70 повышает общую подъемную силу и аэродинамическое качество (это — иллюстрация нелинейности и неоднозначности законов аэродинамики). Дело в том, что в «коробке» между опущенной консолью крыла и внешней поверхностью гондолы двигателей на сверхзвуке появляются специально организованные дополнительные «скачки уплотнения», повышающие давления под крылом и порождающие дополнительную силу, направленную вверх.

«Интегральная» аэродинамическая схема «Валькирии» наиболее полно учитывает разные и противоречивые требования, предъявляемые к самолету, который должен летать в большом диапазоне высот и скоростей.

Можно отметить также, что В-70 первым в мире среди «больших» самолетов был оснащен отклоняемым носом, увеличивающим обзор на влете — посадке (рис. 3.).

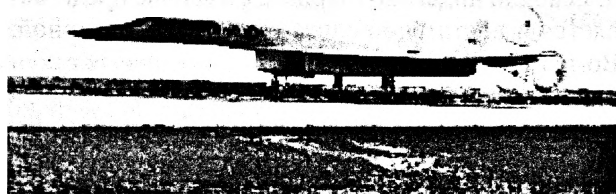


Рис. 3. «Валькирия» на посадке, виден опущенный нос

### Несколько слов о конструкции

«Трехмаховый» набегающий поток нагревает внешние поверхности самолета до 350 град, поэтому основные материалы конструкции — стали и титановые сплавы. Опасен не только нагрев сам по себе, но и вызываемые им деформации. В печати сообщалось, например, о долгой борьбе специалистов фирмы с течами крыльевых баков, вызванных температурными деформациями. Поверхность крыла оформлена трехслойными панелями из листов нержавеющей стали, спаянными с предварительно деформированными (или сотовыми) заполнителями. Титановые сплавы составляют примерно 10 % массы конструкции. Сообщается, например, что носовой отсек фюзеляжа длиной 18,6 м и хвостовой отсек выполнены целиком из титана. Также говорится об использовании высокопрочных жаростойких инструментальных сталей.

Система управления механическая, с тягами для ПГО и тросами для остальных рулевых поверхностей. По всем каналам установлены необратимые бустеры. Отдельная электронная система призвана отслеживать состояние самолета в полёте и, по необходимости, демпфировать колебания по всем каналам управления.

Очень важное значение имеет гидросистема, поэтому для ее агрегатов предусмотрено четырехкратное резервирование.

Кабина была рассчитана на экипаж из трех человек и могла при аварийных случаях отделяться целиком от самолета, опускаясь затем на парашюте.

Отдельно следует остановиться на двигателях. Их шесть, каждый может развивать форсажную тягу в 14,06 т. При установке на самолёт двигатели объединяются в два пакета, на каждый пакет имеется один регулируемый воздухозаборник.

Управление регулировкой — автоматическое. Двигатели скоростные, «низконапорные», подобные тем, что в СССР устанавливались на МиГ-25. Нужно отметить, что объединение двигателей в пакеты ввиду невозможности 100 %-ой одинаковости их работы является очень сложным и рискованным делом. Однако американские специалисты с этой проблемой справились.

Вернемся к истории создания. Уже в 1959 году стало ясно, что Б-70 не станет абсолютным оружием. К этому времени ПВО СССР уже располагало ракетами, способными поражать высотные и скоростные цели. Поэтому программа создания «Валькирии» была приостановлена и приобрела исследовательский статус. Самолет получил индекс «ИКСБ». В мае 1964 г. были построены два опытных экземпляра самолета, в сентябре начались испытания, в октябре того же года самолет достиг скорости в 3000 км/ч. Максимальная скорость — 3220 км/ч, высота полета — 21 км, дальность — до 12 000 км. Взлетная масса нормальная 240 т, максимум — 251 т.

К 1970 году программа производства и испытаний была окончательно свернута.

### Работы фирмы «Роквелл Интернейшл».

#### Стратегический бомбардировщик Б-1

Одним из результатов непрекращающихся работ ученых в области авиационно-технических дисциплин стало появление в середине 1960-х гг. проектов самолетов с изменяемой стреловидностью крыла. Несмотря на наличие многочисленных «подводных камней», самолеты с изменяемой геометрией крыла — это отдельный большой этап в развитии авиации.

В области строительной механики крыло с изменяемой стреловидностью требовало создания конструкций с большими подшипниками или роликовыми направляющими, способными передавать огромные изгибающие моменты, которые возникают в силовых элементах крыла многотонных машин.

Аэродинамики, в свою очередь, должны были гарантировать, что спокойное, безотрывное обтекание крыла сохранится не только в крайних, но и во всех промежуточных положениях перемещаемой консоли.

Специалисты по динамике полета обязаны были обеспечить управляемость на всех режимах полета, следить, например, за центровкой, которая стремилась «убежать» за пределы ограничений, налагаемых условиями устойчивого полета.

Выполнение такой системы требований и привело к появлению нескольких проектов самолетов

с изменяемой стреловидностью, часть из которых была реализована в металле и принята на вооружение.

Перейдем к рассмотрению одного из таких проектов.

Фирма «Роквелл Интернейшл» образовалась путем слияния фирм «Роквелл Стандарт» и «Норт Америкен» с целью «осилить» проект сверхзвукового стратегического бомбардировщика, долженствующего заменить Б-52.

Новый «стратег» изначально создавался как многорежимная машина, могущая летать как на больших, так и на малых высотах с дозвуковой и сверхзвуковой скоростями. Основная схема полета — приближение к цели на большой дозвуковой скорости, прорыв системы ПВО на сверхзвуке на предельно малой или на предельно большой высоте.

Исследования по сверхзвуковому бомбардировщику, который может летать на малой высоте, начались в Америке в 1961 г. Причиной этого стали все увеличивающиеся трудности с продвижением проекта «Валькирия». В 1969 году созрело окончательное решение по облику и внутренней компоновке нового самолета с бомбовым и ракетным вооружением. В 1974 г. самолет Б-1А совершил первый полет (рис. 4).

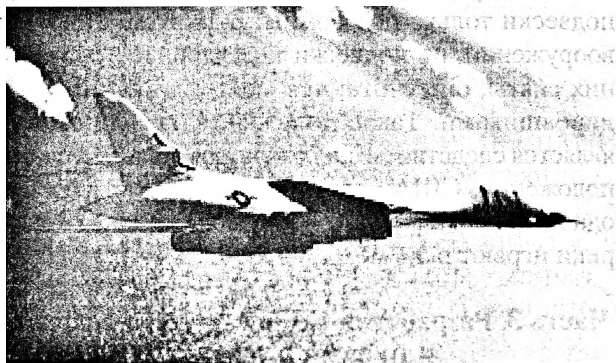


Рис. 4. Б-1 в полете

В программе строительства было задействовано 50 тысяч человек, или около 4000 фирм.

В 1977 г. работы по этому самолету были приостановлены (в основном из-за наметившейся в то время разрядки и первого мирового топливного кризиса), но в 1979 г. вновь возобновлены (ввод советских войск в Афганистан). С этого момента самолет приобрел новые черты и возможности и стал называться Б-1Б. При его конструировании основное внимание уделялось обеспечению радиолокационной незаметности. Сообщается, например, что заметность нового бомбардировщика по сравнению с Б-52 снижена в 90 раз. При этом

максимальная скорость по сравнению с Б-1А уменьшилась примерно на 500 км/ч.

Словосочетание «сверхсекретная технология «Стелс»», похоже, стало очередным журналистским «штампом». На самом деле под нею кроется следующее.

1. Максимально возможная замена металлических конструкционных материалов неметаллическими.

2. Исключение (опять же по возможности) всяких резких переходов внешней, «омываемой» поверхности самолета, любых «ребер», «щелей», «граней», «углов».

3. Создание и применение специальных сотовых панелей, гасящих радиоволны.

4. Создание и использование красителей с углеродным или графитным наполнителем, гасящих радиоволны.

Даже из этого краткого перечисления любому инженеру понятно, что в реальности можно достичь только какой-то относительной «невидимости» самолета, при этом «в остатке» всегда будет ухудшение лётных качеств.

В литературе сообщается, что конструкция Б1Б по сравнению с Б1А изменена на 20 %. Надо сказать, что автора статьи всегда удивляло стремление американцев к каким-то процентам. Так, в данном случае, в чем считались изменения? В стоимости? В массе? В трудоемкости? Или просто поштучно? А может быть, это американский вариант «красного словца»?

При конструировании нового самолета были учтены все достижения американских материаловедов. Приводятся, например, такие данные: в части материалов титан составляет 17 %, алюминиевые сплавы — 42,5 %, сталь — 7 %, неметаллические материалы — 30 % (очень много для столь тяжелой машины).

Широкое применение титана (а точнее, сплавов титан – алюминий – ванадий в разных пропорциях, чистый титан — во фланцах трубопроводов гидросистемы) заставило переоснастить производство. Из титана, например, откованы силовые элементы узла навески переставной части крыла. Для соединения титановых деталей широко применялась диффузная сварка в вакууме (детали кладут друг на друга в печь, иногда — под прессом, создают вакуум, нагревают до состояния масла, во время выдержки при такой температуре под действием собственного веса или давления прессы детали намертво сплавляются). Очень много стеклопластика: законцовки крыла, зализы соединения крыла с фюзеляжем. Есть и боропласты:

например, полки стальных силовых элементов хвостовой части фюзеляжа дополнительно усилены запрессованными/вклеенными однонаправленными жгутами борного волокна на эпоксидном связующем.

Стреловидность может меняться в полете от 15 до 67,5 град.

Радиоэлектронное оборудование самолета (общая масса свыше 4 т. — своеобразный рекорд) было разделено на три большие системы: систему нападения, систему защиты и систему контроля параметров. В системе нападения задействовано 6 ЭВМ, в остальных двух — по одной.

Система контроля параметров автоматически отслеживает состояние агрегатов и узлов самолета в полете по 19 600 параметрам для предотвращения аварийности, а также для облегчения обслуживания и ремонта.

В систему нападения входит в качестве составной части единый обзорно-прицельно-навигационный комплекс, разработанный фирмой «Боинг». Важная часть этого комплекса — единственный многофункциональный радар с фазированной антенной решеткой.

Функции системы защиты стандартны: выявление облучений вражескими радарными и, по возможности, «забывание» их сигналов или вообще выведение из строя, а также всякие «ловушки» для ракет.

Кабина рассчитана на экипаж из 4 человек: два пилота и операторы систем нападения и защиты. В кабине — туалет и буфет, нет мест для сна.

Вооружение размещается как в бомбоотсеке, так и на внешних узлах навески. Оно может меняться, как и на других американских самолетах. В бомбоотсеке могут размещаться: 8 крылатых ракет (11,6 т) или 24 управляемые ракеты (24,4 т) с атомным или обычным зарядом, или 24 управляемые бомбы (7,6 т) или 24 обычные бомбы (26,1 т).

На пилонах под крылом можно подвесить 12 крылатых ракет или 12 управляемых ракет, или ядерные, или обычные бомбы. Конечно, размещение оружия на внешней подвеске резко увеличивает «заметность» машины.

В печати начала 1980-х гг. мелькали сообщения о строительстве нового завода фирмы «Роквелл» специально для изготовления Б-1Б, о приобретении для него новейшего оборудования (интересно, а когда в нашей стране приживется идея, что изделие нужно разрабатывать под заказчика, а производство — под изделие, а не наоборот?).

Надо отметить, что стоимость одного самолета за всю историю его создания и производства воз-

росла почти на порядок: с 12 млн. дол. по проекту до более чем 100 млн. дол.

Из-за обилия электронных систем очень велика и сложна была программа испытаний: все это богатство надо было опробовать в полете на разных режимах. Сообщается, что именно из-за этого самолет так и «не успел» на первую войну с Ираком. Доводки систем бомбардировщика продолжались и до начала XXI в. Вообще же надо сказать, что Б-1 в обоих вариантах изначально был конструкцией «прагматичной», создавался без особого полета фантазии, во всяком случае — по сравнению с «Хаслером» и «Валькирией». Появление этого нового «стратега» знаменовало собой достижение некоторой вершины в области создания боевой авиации вообще: дальнейшее совершенствование самолета как системы оружия будет неизбежно сопровождаться все большим ухудшением летных качеств и катастрофическим возрастанием стоимости.

Подводя итог рассказа об американской стратегической авиации, нужно сказать, что сейчас на вооружении Стратегического авиационного командования США стоят 185 бомбардировщиков — 95 Б-52 в варианте «АШ» (Н), 70 Б-1Б и 20 Б-2. Из них Б-52 может нести и ядерные бомбы и ракеты, как это и предполагалось по проекту, а Б-2 имеет подвески только под бомбы. Б-1Б тоже стоят на вооружении, но подвески под ядерное оружие с них сняты, они считаются «обычными» бомбардировщиками. Такое положение, по-видимому, является следствием современного политического положения: США теперь не может угрожать ни одна страна мира, зато вооруженные силы Америки играют роль международного жандарма.

### **Часть 3. Разработки самолетов во Франции, или сами с усами**

#### **Тяжелый дальний бомбардировщик «Мираж-IV» фирмы «Дассо-Бреге»**

Мифы о сытной и беззаботной жизни на Западе, гулявшие на территории бывшего СССР, далеко не всегда соответствовали действительности. Так, благословенная Франция после великой войны очень долго и болезненно входила в мирную жизнь. Французам, как и англичанам, пришлось и после 1945 г. пережить обескураживающие удары: начала рушиться колониальная система. И если у английского правительства хватило трезвомыслия в целом обойтись без большого кровопролития, то их французские коллеги попытались удержать свои колонии силой. Не очень-то известный в нашей стране факт, что



знаменитый «наш» полк «Нормандия – Неман» после Второй мировой войны воевал еще около 10-ти лет.

Все закончилось, как известно, рядом тяжелых поражений, а угрюмая ненависть к «этим фрэнчам» живёт в некоторых освободившихся странах и поныне.

Для поддержания реноме в середине 1950-х гг. во Франции было принято решение о производстве своего ядерного оружия и средств доставки его. Атомной технологией с французами поделились американцы.

Как и в других странах, французским авиапромышленникам после Второй мировой войны пришлось пережить через непростой этап реорганизаций и слияний.

Первый полет сверхзвукового бомбардировщика-носителя атомного оружия «Мираж-1V» состоялся в июне 1959 г. Это был самолет — увеличенная копия истребителя «Мираж-111 (три)», хорошо себя зарекомендовавшего. Размеры были увеличены в 1,37 раза, масса — в 2,25 раза. Применялись два двигателя с максимальной тягой 70 Кн вместо одного, экипаж также состоял из двух человек: пилота и штурмана-бомбардира. Скорость доходила до 2300 км/ч (по-видимому, без

полной загрузки). Взлетная масса самолета 33 — т. В конструкции применялись в основном алюминиевые сплавы. Система управления — бустерная, с использованием элевонов.

«Фирменная» особенность сверхзвуковых французских самолетов — щель или «запил» на передней кромке крыла, организующий вихревое перетекание воздушного потока с нижней поверхности крыла на верхнюю в определенной точке. Такой вихрь, как это не покажется странным на первый взгляд, оптимизирует обтекание стреловидного крыла в целом, не позволяя появляться перетеканию с нижней на верхнюю поверхности в произвольных точках.

В связи с тем, что бомбардировщик «Мираж» был увеличенной копией предшественника, особых проблем при его эксплуатации не предполагалось. Самолет пошел в серийное производство в 1960 г.

Однако надо заметить, что спектр возможностей «Миража-1V» был узок, цели его создания — скорее политические, а реальные боевые возможности, по-видимому, невысоки. Тем не менее, эти бомбардировщики стоят на вооружении до сего времени.

#### Литература

1. Костенко, И. Летающие крылья / И.М. Костенко. — М., 1985.
2. Сверхзвуковые самолеты. — М., 1958.
3. Стратегический бомбардировщик Б-1Б. Изд. ЦАГИ. М., 1993.
4. Боевая авиация зарубежных стран. — М., 2001.
5. Цихош, Э. Сверхзвуковые самолеты / Э. Цихош. — М., 1983.
6. Крылья Родины. — №№ 3/1991, 6/1992, 9/1993, 4/1994, 5/1994, 6/1994.
7. Skrzydlata Polska. — №№ 9/1989, 44/1989, 48/1989.
8. Flieger Revue. — №№ 8/1989, 9/1989, 11/1989, 9/1990.

## ЧУП «ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР» ОО «БОИМ» ПРЕДЛАГАЕТ

ЧУП «ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР» ОО «БОИМ» представляет для персонала, обслуживающего объекты повышенной опасности, а также для средне-специальных и профессионально-технических учебных заведений, готовящих специалистов для промышленности, строительства, жилищно-коммунального и других отраслей народного хозяйства, книжные издания, которые могут быть использованы для повышения квалификации рабочих и ИТР (лицензия на право осуществления издательской деятельности № 02330/0131641 от 09.12.2005 г., лицензия на право осуществления деятельности по распространению правовой информации № 02240/0071125 от 25.11.05 г.) По вопросам приобретения литературы следует обращаться по адресу: Минск, 220030, ул. Комсомольская, 11-1А. Тел./факс: (017) 203-88-80, 226-73-36.

№ n/n	Наименование изданий
1	<i>Дойников В. Б., Гревцов В. Н.</i> В помощь персоналу, обслуживающему котельные установки (в вопросах и ответах). 2005 г.
2	<i>Дойников В. Б., Гревцов В. Н.</i> В помощь персоналу, обслуживающему сосуды, работающие под давлением (в вопросах и ответах). Издание третье, переработанное и дополненное. 2006 г.
3	<i>Дойников В. Б., Гревцов В. Н.</i> В помощь персоналу, обслуживающему трубопроводы пара и горячей воды (в вопросах и ответах). 1999
4	<i>Дойников В. Б., Гревцов В. Н.</i> В помощь персоналу, обслуживающему компрессоры, работающие на воздухе и инертных газах (в вопросах и ответах). 1999 г.
5	<i>Дойников В. Б.</i> В помощь персоналу, обслуживающему электроустановки (в вопросах и ответах). 2005 г.
6	<i>Дойников В. Б.</i> В помощь персоналу, обслуживающему газовое оборудование установок для газопламенной обработки металлов (в вопросах и ответах) 2009
7	<i>Дойников В. Б., Прохнич Ю. П.</i> Пособие для стропальщиков (в вопросах и ответах). Издание второе, стереотипное. 2007 г.
8	<i>Прокочник М. Э., Разумец В. С., Гольдберг И. С.</i> Пособие по разработке технологических карт для безопасной работы грузоподъемных кранов при выполнении погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ. Издание второе, стереотипное. 2007 г.
9	<i>Дойников В. Б., Гревцов В. Н.</i> Неисправности в работе котельных установок, трубопроводов пара и горячей воды, их предупреждение и устранение (в вопросах и ответах). 2000 г.
10	Методические указания по составлению паспортов трубопроводов 4-ой категории (МУ 11-02.2000). 2000 г.
11	<i>Стенук Л. Я., Барановский И. В.</i> Механизация процессов химизации в растениеводстве (пособие). 2003 г.
12	Вахтенный журнал крана
13	Вахтенный журнал подъемника
14	Журнал учета аварий подъемников
15	Журнал «Инженер-механик» №№ 1(42)/2009, 2(43)/2009 ЧУП «Инженерный центр ОО «БОИМ»
16	<i>Шевцов С.А.</i> Приборы безопасности грузоподъемных кранов (пособие наладчику). ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2006 г.
17	Методические рекомендации по проведению технического диагностирования грузоподъемных кранов с истекшим сроком службы. ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2006 г.
18	<i>Новик И. Г.</i> Трубопроводы из полимерных материалов. 2006 г.
19	<i>Дойников В.Б.</i> В помощь персоналу, обслуживающему медицинские паровые стерилизаторы (в вопросах и ответах). 2006 г.
20	<i>Лыничук И.В.</i> Подготовка и переподготовка водителей и специалистов по перевозке опасных грузов автомобильным транспортом. 2007 г.
21	<i>Дойников В. Б., Прохнич Ю. П.</i> В помощь персоналу по организации водного режима котлов и очистки их от накипи (в вопросах и ответах). 2007 г.
22	<i>И.Г. Новик.</i> Справочник газownika 2009г. Издание второе, переработанное. ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2009 г.
23	Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2006 г.
24	Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 бар) и водогрейных котлов с температурой нагрева воды не выше 115 °С. ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2007 г.
25	Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. 2007 г. ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2007 г.
26	Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2006 г.
27	Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2007 г.
28	Правила устройства и монтажа и безопасной эксплуатации взрывозащищенных вентиляторов, применяемых на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производствах, утв. пост. МЧС РБ 07.07.05 № 39, в ред. пост. МЧС РБ от 07.12.07 № 113 ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2009 г.
29	Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, утв. пост. МЧС РБ 03.12.04 № 45, в ред. пост. МЧС РБ от 08.10.07 № 84. ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2009 г.
30	Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов, утв. пост. МЧС РБ от 21.03.07 № 20. ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2009 г.
31	Общие правила взрывобезопасности химических производств и объектов, утв. Министерством по чрезвычайным ситуациям и защите населения от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС 28.06.96, в ред. МЧС от 16.11.07 № 100. ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2009 г.
32	Межотраслевые правила по охране труда при работе в электроустановках. утв. пост. МТ и СЗ РБ Министерства энергетики РБ от 30.12.2008г. № 205/59 ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ» 2009 г.
33	ТКП 049 -2007(02300) «Сосуды для сжиженной двуокиси углерода. Порядок проведения технического диагностирования». ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ» 2007 г.
34	ТКП 050 -2007(02300) «Котлы паровые водотрубные промышленной энергетики с рабочим давлением свыше 0,07 МПа до 4,0 МПа и производительностью менее 2,5 т/ч. Порядок проведения технического диагностирования». ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2007 г.
35	ТКП 051 -2007(02300) «Котлы водогрейные водотрубные промышленной энергетики с температурой нагрева воды свыше 388 К (115 °С). Порядок проведения технического диагностирования». ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2007 г.
36	ТКП 052-2007(02300) «Котлы жаротрубного и дымогарного типа. Порядок проведения технического диагностирования». ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ» 2007 г.
37	ТКП 053 -2007(02300) «Котлы паровые водотрубные промышленной энергетики с рабочим давлением свыше 0,07 МПа до 4,0 МПа и производительностью свыше 2,5 т/ч. Порядок проведения технического диагностирования». ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2007 г.
38	ТКП 054 -2007(02300) - «Техническое диагностирование и продление назначенного ресурса (назначенного срока службы) безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах. Общие положения». ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ». 2007 г.

# ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ «KÜBLER»

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕХ  
С УСТАНОВКАМИ - ОПТИМА



ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕХ  
УСТАНОВКИ AR-50



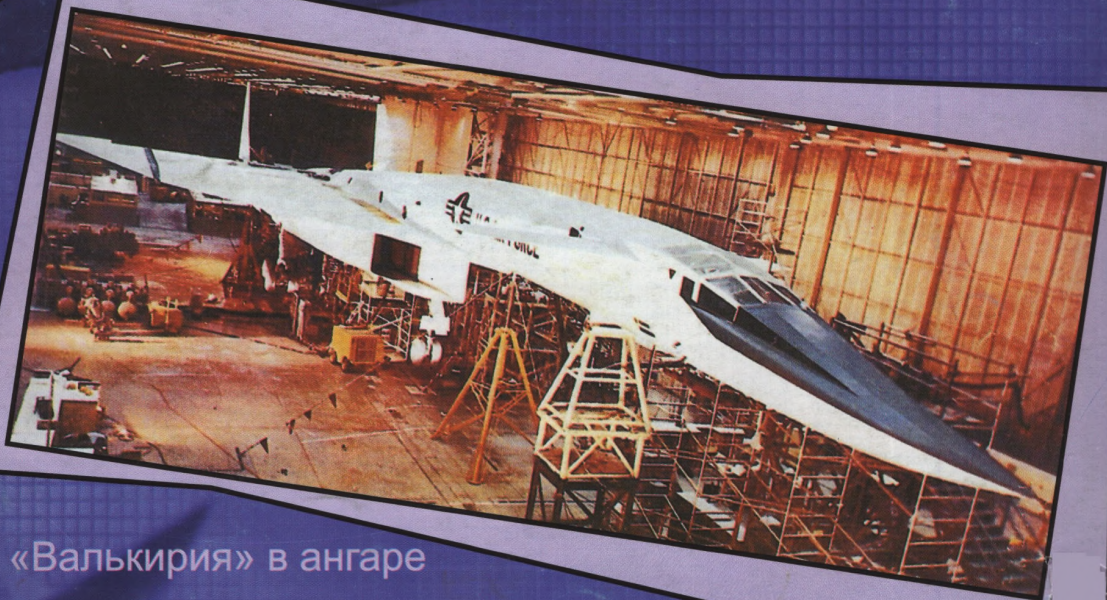
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТОВ,  
ОБОРУДОВАННЫХ ГЛО СИСТЕМЫ «KÜBLER»



№	Наименование предприятия, объекта	Площадь обогрева, м²	Кратность воздухообмена, в час	Теплопотребность за отопительный сезон		Затраты за отопительный сезон		Количество установок ГЛО		Расход природного газа за сезон при отоплении ГЛО, м³	Среднее значение затрат, в руб	Показатель эффективности, %	Окупаемость, месяцев	Стоимость обогрева 1м² за весь отопительный сезон	
				При обычном отоплении, Гкал/сезон	При отоплении ГЛО, Гкал/сезон	При обычном отоплении, руб	При отоплении ГЛО, руб	модель	штук					При обычном отоплении, руб	При отоплении ГЛО, руб
1	"ЛМЗ" / г. Ст-Петербург	91 840	0.2	18884	6092	2832697	238114	Optima-38	184	952457	11,9	83	13	30,81	2,80
								AR-80	288						
2	Дело ЮЖД / г. Железнодорожный	18 234	0.4	3841	1399	1221828	68239	ER-38	63	181130	20,88	66	13,2	80,20	3,82
								ER-22	16						
3	"Воронистал ь-мост" / г. Воронеж	14 286	2	18197	682	2863780	286824	ER-38	204	796380	9,13	88	12	178,84	19,70
4	"МЭМРЗ" / г. Москва	8 630	1.2	2134	869	982976	28486	ER-38	22	717024	28,36	88	7,6	147,47	4,06
								HB-22	6						
5	АО "Казань" / г. Лоберцы	3 840	0.6	2892	1029	326798	41743	ER-38	31	140076	7,83	84	18,4	86,78	11,47
6	"МВРЗ" им. Войтовича / г. Москва	2 722	0.3	1491	556	223801	22339	ER-38	12	77718	9,82	83	11,1	82,18	8,26
7	ЗАО "Дизель-Центр" / г. Лоберцы	2 280	0.3	1908	727	400060	28799	ER-38	21	88306	13,88	82	7,2	178,48	12,83
								HB-22	3						
8	"ЭкспроМаш" / г. Москва	1 848	0.8	1810	890	380100	27381	ER-38	10	94348	13,88	82	8,3	208,02	14,83



Стратегический  
бомбардировщик  
Б-1 в полете



«Валькирия» в ангаре