

# ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРОВ и ТЕХНИКОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ВЦСПС — ПРОФИЗДАТ  
МОСКВА

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

|                                                                                                                                                                        | Стр.    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Москва—сердце нашей Родины . . . . .                                                                                                                                   | 281     |
| Канд. техн. наук И. В. Кудрявцев, А. В. Рябченко — Влияние хромирования на усталостную прочность стальных деталей . . . . .                                            | 284     |
| Г. А. Савицкий—Устойчивость мачты на оттяжках . . . . .                                                                                                                | 290     |
| Канд. техн. наук Б. М. Абрамов—Применение принципа возможных перемещений к построению планов скоростей и ускорений для механизмов III и IV классов по Ассуру . . . . . | 294     |
| Канд. техн. наук М. И. Маковозов—Контактная сушка тонких материалов на горячей поверхности . . . . .                                                                   | 297     |
| Канд. техн. наук Г. Т. Бахвалов—Электролитическое лужение жести . .                                                                                                    | 303     |
| Канд. техн. наук М. Я. Дикис — Автоматизация непрерывной выпарки в консервной промышленности . . . . .                                                                 | 307     |
| <br>Новые стандарты . . . . .                                                                                                                                          | <br>311 |
| Хроника научных инженерно-технических обществ                                                                                                                          |         |
| Передовые ячейки научно-технических обществ . . . . .                                                                                                                  | 313     |
| В обществе энергетиков . . . . .                                                                                                                                       | 315     |
| „ городского электротранспорта . . . . .                                                                                                                               | 318     |
| „ сварщиков . . . . .                                                                                                                                                  | 319     |
| „ литейщиков . . . . .                                                                                                                                                 | 319     |
| Библиография                                                                                                                                                           |         |
| Аннотации трудов Общества пищевиков за 1946 г. . . . .                                                                                                                 | 320     |

*Редакционная коллегия: инж. В. П. ЛЕБЕДЕВ, акад. В. Л. ПОЗДЮНИН, член-корр. АН СССР Н. С. СТРЕЛЕЦКИЙ, член-корр. АН СССР А. Б. ЧЕРНЫШЕВ.*

---

**А Д Р Е С   Р Е Д А К Ц И И:** Москва, Проезд Владимирова, 6. Тел. К-4-88-65.

# В Е С Т Н И К И Н Ж Е Н Е Р О В и Т Е Х Н И К О В

“ ENGINEERS AND TECHNICIANS BULLETIN ”

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОРГАН ВСНХТО

“ BULLETIN DES INGENIEURS ET DES TECHNICIENS ”

ОСНОВАН В 1915 г. ПОЛИТЕХНИЧЕСКИМ ОБЩЕСТВОМ в МОСКВЕ и ОБЩЕСТВОМ ТЕХНОЛОГОВ в ЛЕНИНГРАДЕ

№ 8 1947 г.

Сентябрь—октябрь

## Москва—сердце нашей Родины

Незадолго до тридцатой годовщины Великой Октябрьской социалистической революции весь советский народ с громадным воодушевлением празднует 800-летие своей столицы—Москвы. В сознании советских людей обе эти славные даты тесно связаны.

Москва—сердце нашей великой Родины, предмет национальной гордости советского народа. Москва—политический, экономический, научный и культурный центр могучего социалистического государства, символ нерушимого единства и братской дружбы народов, объединившихся в Союз Советских Социалистических Республик.

Вместе с тем Москва—столица первого в мире социалистического государства—является светочем надежды для трудящихся всех стран, знаменем прогресса для всего человечества, борющегося за демократию и мир против империалистической реакции и войн.

Огромно историческое значение Москвы в судьбах нашего народа. Памятник основателю Москвы—Юрию Долгорукому, воздвигаемый по постановлению Совета Министров СССР на площади перед зданием Московского Совета, свидетельствует об уважении советского народа к выдающимся деятелям прошлого нашей Родины. Монумент этот будет также всегда напоминать советским людям о ведущей роли Москвы в создании централизованного Русского государства.

«В те далекие времена, когда,—по словам летописца,—князь великий Юрий Володимъерич заложил град Москъву на устииже Неглинны, выше реки Аузы», никто не мог думать, что этот маленький «залесский» городок станет впоследствии столицей великого государства. Возвышению Москвы способствовали важные обстоятельства. В силу сложившейся обстановки она оказалась в центре развития русской народности. Выгодное торговое положение города на скрещении водного пути с сухопутными дорогами на Тверь и Великий Новгород, на Владимир, Смоленск и на Киев подняло экономическую его роль. А дальновидная политика ряда московских князей позволила накопить силы для великого общенационального дела—свержения монголо-татарского ига.

Победа соединенной русской рати Дмитрия Донского на Куликовом поле высоко подняла авто-

ритет Москвы как знаменосца национальной независимости. «Государь всея Руси» Иван III, твердо заявивший права Москвы на все русские земли, в том числе и захваченные Литвой, и, особенно, Иван Грозный, разгромивший носителей реакционной идеи феодального дробления Руси—родовитое боярство,—таковы выдающиеся люди прошлого, деятельность которых, поддержанная народными массами, привела к созданию централизованного Русского государства с Москвой как его национальным центром.

Восстания московского населения против польской интервенции начала XVII века и вооруженная борьба народных ополчений, особенно второго, ведомого Мининым и Пожарским, привели к разгрому армий захватчиков. Через два века—в период Отечественной войны 1812 года—Москва вместе со всей страной поднялась для отпора новому завоевателю. Наполеон не дождался коленопреклоненной Москвы. Сожженная «самим населением», она стала могилой легенды о «непобедимости» захватчиков.

В течение всего XIX века Москва играла значительную роль в революционном движении. Из стен Московского университета вышли Герцен и Огарев, вышла та группа разночинцев, которая поддерживала идеи Чернышевского и Добролюбова. Новый этап революционного движения начинается в Москве с 70-х годов, когда здесь развивается крупная промышленность и на арену революционной борьбы выступает новый класс—пролетариат. Со времени знаменитой морозовской стачки московский пролетариат начинает свой путь к революции.

Пребывание Ленина в Москве (январь 1894 года), его яркое и глубокое выступление против народников было решающей вехой в создании московской социал-демократической организации. В дальнейшем под руководством ленинской «Искры» в Москве формируются те кадры пролетарских революционеров, которые выступили в период первой русской революции и участвовали в организации московского вооруженного восстания в декабре 1905 года. Подобно героической борьбе парижских коммунаров, восстание московских рабочих, руководимых большевистской организацией, вписало одну из самых ярких и славных стра-

ниц в историю борьбы пролетариата за свое освобождение.

Годы реакции не сломили московскую организацию нашей партии. Большевики энергично боролись против меньшевиков, ликвидаторов и отзовистов, отстаивая революционную ленинскую линию. Указывая на огромное значение Москвы в революционной борьбе рабочего класса, Ленин в 1912 году писал: «Всякий сознательный рабочий понимает, что Петербург без Москвы — все равно, что одна рука без другой» (т. XVI, стр. 50). В начале 1912 года проездом из Баку в Петербург в Москве был товарищ Сталин. Он оказал московским большевикам помощь в подготовке к празднованию 1 мая и написал листовку «Да здравствует 1 мая», которая заканчивалась призывом к борьбе за свержение самодержавия.

С самого начала февральской революции, выйдя из подполья, московская большевистская организация первое свое слово горячего приветствия обратила через «Правду» к великому Ленину. Вооруженный опытом пройденного боевого пути, воспитанный партией Ленина — Сталина, московский пролетариат начал новый этап борьбы за пролетарскую революцию. Опираясь на безраздельную поддержку масс, он сломил вооруженной силой упорное сопротивление контрреволюции и утвердил власть Советов.

Победа Великого Октября, открывшая новую эру в истории человечества, обеспечила рабочему классу возможность приступить к грандиозному делу переустройства всей страны и своей новой столицы — Москвы — на социалистических началах.

Решающим условием превращения ее в подлинную крепость социализма явилась борьба московской организации большевиков за осуществление сталинских пятилеток, преобразовавших нашу Родину, превративших нашу страну из отсталой в передовую, из аграрной — в индустриальную. Под руководством ЦК ВКП(б) и лично товарища Сталина Москва, прежде ситцевая и торговая, стала крупнейшим индустриальным центром Советского Союза.

В небывало сжатые сроки была создана мощная промышленность Москвы. Коренной реконструкции подверглись старые заводы и фабрики. Невиданный размах приобрело строительство предприятий новых, только при советской власти созданных отраслей производства: авиационной, автомобильной, станкостроительной, электротехнической, химической и т. д.

Одна из первых строек Москвы — электrozавод имени Куйбышева. Из всех предприятий мира, производящих такую продукцию, это самое крупное. К началу Великой Отечественной войны здесь было занято 20 тысяч рабочих, инженеров, техников и служащих. Созданный на месте прежнего болота Первый государственный подшипниковый завод имени Л. М. Кагановича накануне войны давал стране по 100 тысяч шарикоподшипников в день — почти столько же, сколько выпускали ежедневно все заводы капиталистических стран Европы, вместе взятые. В годы первой и второй сталинских пятилеток построены крупнейшие инструментальные заводы «Фрезер» и «Калибр». Завод имени Орджоникидзе в 1932 году — в первом году своей

работы — дал 36 станков. Накануне Великой Отечественной войны он производил такое же количество станков за одну декаду. Ныне это предприятие славится изготовлением высокопроизводительных линий станков, выпускаемых для советской тракторной и автомобильной промышленности.

Что касается реконструкции старых заводов, то о степени ее можно судить хотя бы по нынешнему автозаводу имени Сталина, созданному на месте дореволюционных полукустарных мастерских «АМО», трудом собиравших небольшое количество автомобилей иностранных марок. Основные фонды «АМО» в год национализации (1918) оценивались в 4,5 миллиона рублей. На 1 января 1940 года они увеличились в 118 раз — до 532 миллионов рублей. Всей стране известна высокая марка отечественных автомобилей «ЗИС». За последние годы конструкторы, инженеры, мастера и рабочие — стахановцы этого гигантского завода — немало потрудились над освоением комфортабельной машины «ЗИС-110», новых грузовых машин, автобусов, тягачей.

Такой же характер имели перемены, происшедшие на «Серпе и молоте». Стоимость основных производственных фондов этого завода увеличилась в 1939 году по сравнению с дореволюционной в 100 раз; вместо наиболее простых сортов железа для бытовых нужд и гвоздей, производившихся на предприятии французского заводчика Гужона, «Серп и молот» дает советской стране высококачественные марки сталей. Ни в какое сравнение не могут также идти прежние и нынешние основные фонды и продукция таких заводов, как «Динамо» имени Кирова, «Красный пролетарий», «Красный богатырь» и др.

В результате социалистической реконструкции и огромного нового индустриального строительства валовая продукция промышленности Москвы увеличилась в 1940 году по сравнению с 1913 годом в 21 раз и почти вдвое превысила всю продукцию промышленности царской России накануне первой мировой войны. Особенно быстро развивалось машиностроение. В 1940 году продукция металлообрабатывающих предприятий Москвы превысила объем 1913 года в 96 раз. Значительно шагнула вперед также легкая и текстильная промышленность, заново созданы и оснащены передовой техникой предприятия пищевой индустрии.

Превращение Москвы в крупнейшую машиностроительную базу страны сыграло исключительно важную роль в подготовке нашей Родины к активной обороне и затем — в достижении всемирно-исторической победы над немецким фашизмом и японским империализмом.

Успехи Москвы, как центра советской индустрии, основой своей имеют горячий советский патриотизм трудящихся столицы. На Московско-Казанской железной дороге в тяжелые годы гражданской войны рождались коммунистические субботники. Развивая этот великий почин, москвичи в годы осуществления трех сталинских пятилеток шли в первых рядах участников социалистического соревнования. Ведущее место во Всесоюзном социалистическом соревновании занимают трудящиеся Москвы и ныне, когда знаменем борьбы всех советских людей является досрочное осуществление задач, поставленных сталинским пятилетним планом восстановления и развития народного хозяйства СССР.

На выполнение послевоенной пятилетки в более короткие сроки направлена сейчас и мысль нашей технической интеллигенции. Ради этой великой цели трудятся, не жалея своих сил, рабочие и инженеры в цехах, ученые, конструкторы, технологи — в институтах, конструкторских бюро и лабораториях. Их силы, знания, опыт — все подчинено вдохновляющей цели — расцвету нашей Родины.

В этом огромном труде видное место принадлежит славным градостроителям. За прошедшие годы они накопили большой опыт работы по осуществлению сталинской программы социалистической реконструкции Москвы.

Сущность генерального плана, разработанного по инициативе и при личном участии товарища Сталина, была сформулирована в решении СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 10 июня 1935 года. Только за первое пятилетие после утверждения этого плана на перестройку городского хозяйства столицы было израсходовано около 10 миллиардов рублей. За годы предвоенных пятилеток были сооружены дома общей жилой площадью в 6 миллионов квадратных метров — более половины того, чем располагала дореволюционная Москва. Перепланировка улиц и площадей, создание новых широких магистралей, вдоль которых воздвигнуты многоэтажные жилые и общественные здания, создание архитектурных ансамблей, новые мосты и набережные, асфальтирование улиц — все это неузнаваемо преобразило городское хозяйство, украсило нашу Москву.

Замечательным выражением творческой силы и зрелости советской инженерной мысли являются величественные сооружения сталинской эпохи: Московский метрополитен и канал Москва—Волга. По смелости решения технических задач, поставленных перед строителями, по совершенству их выполнения метро и канал Москвы затмевают все новейшие достижения буржуазной материальной культуры.

Созданием канала Москва—Волга советские ученые и инженеры одновременно решили ряд задач. Москва-река стала судоходной и связала Московский порт с тремя морями: Балтийским, Белым и Каспийским. Город был обеспечен достаточным количеством питьевой и промышленной воды. Обводнение Москвы-реки и Яузы значительно улучшило санитарное состояние этих водных магистралей, а, значит, и самой столицы. Такое смелое, комплексное решение вопроса, так же как и осуществление всего грандиозного плана реконструкции Москвы, под силу только социалистическому обществу.

Москва — сердце нашей Родины, политический, административный, научный и культурный центр страны победившего социализма.

Здесь, в Кремле, жил и работал основоположник партии большевиков, создатель Советского государства — великий Ленин. Здесь, в Кремле, живет и работает ближайший друг и соратник, гениальный продолжатель дела Ленина, учитель и вождь народа — великий Сталин. Здесь, в Москве, находятся высший орган государственной власти СССР — Верховный Совет СССР и высший орган распорядительной и исполнительной власти в стране — Совет Министров СССР. Здесь, в Москве,

находится боевой штаб партии — Центральный Комитет ВКП(б).

Москва — центр передовой научной мысли страны. Советская наука, свободная от пут капитализма, опирающаяся на гранитный фундамент единственно научной теории марксизма-ленинизма, служит великому делу строительства коммунизма. Здесь, в Москве, с 1934 года находится Академия наук СССР, здесь работают многочисленные научно-исследовательские институты, двигающие вперед различные отрасли знания.

В Институте Маркса—Энгельса—Ленина при ЦК ВКП(б) бережно собраны и заботливо хранятся величайшие сокровища человеческой мысли, труды корифеев научного социализма: Маркса, Энгельса, Ленина, Сталина. Могушим средством идейного воспитания трудящихся является подготовленная институтом научная биография вождя советского народа И. В. Сталина. Сейчас коллектив Института готовит новое издание биографии В. И. Ленина.

Бесценной сокровищницей страны является Центральный музей В. И. Ленина, в котором собраны 82 тысячи документов, относящихся к жизни и деятельности Владимира Ильича.

Москва — огромная кузница кадров для всех отраслей народного хозяйства СССР и советской культуры. В столице около ста вузов, в которых обучается около 120 тысяч студентов. В старейшем университете страны, носящем имя его великого основателя М. В. Ломоносова, учатся представители пятидесяти национальностей. Можно ли найти лучшую иллюстрацию сталинской дружбы равноправных народов СССР!

До революции в Москве не существовало институтов стали, цветных металлов и золота, авиационного, станкоинструментального, химического, машиностроения и многих других, ныне выпускающих квалифицированные кадры технической интеллигенции. Но и существовавшие прежде высшие учебные заведения коренным образом расширены, получили совершенно новую материальную базу, развернули свою деятельность по-новому. Более 10 тысяч инженеров подготовило за 30 лет советской власти старейшее в стране Московское высшее техническое училище имени Баумана. Многие питомцы МВТУ — ныне крупные ученые, государственные деятели, выдающиеся организаторы производства. Кузница кадров советской интеллигенции — Москва — воспитывает подлинных патриотов нашей Родины.

Москва — центр партийной и советской печати СССР, несущей народу слово большевистской правды, знание, культуру. Москва — очаг высокой театральной и музыкальной культуры, свидетельствующей о расцвете советского искусства.

Неисчерпаемы богатства материальной и духовной культуры, собранные в Москве и постоянно приумножаемые усилиями нашего народа. Все эти богатства поставлены на службу всемирно-историческому делу коммунизма.

Советский народ, ведомый по ленинскому пути великим Сталиным, вдохновляемый героической, испытанной в боях партией большевиков, добьется полной победы коммунизма в нашей стране. Он исполнен бодрости и уверен в своем светлом будущем.

# Влияние хромирования на усталостную прочность стальных деталей

Кандидаты техн. наук И. В. КУДРЯВЦЕВ, А. В. РЯБЧЕНКО

(Члены Общества машиностроителей)

**Х**ромирование имеет сейчас наибольшее применение из всех гальванических покрытий. Основными свойствами электролитического хрома, которые послужили причиной столь быстрого и широкого его распространения, являются высокая химическая стойкость и сопротивление механическому износу.

Различают два направления в применении хромирования: 1) защитнодекоративное и 2) износостойкое.

В первом случае изделия предварительно покрываются никелем (или медью и никелем), а затем хромом. Толщина слоя хрома очень незначительна — около 1—2 м. Таким способом хромируют в больших масштабах блестящие части автомобилей, велосипедов, трамвайных и железнодорожных вагонов, детали всевозможных приборов, столовую посуду и т. д.

Во втором случае хром наносится непосредственно на чистую стальную поверхность деталей. Толщина слоя может достигать значительной величины — до 0,15 мм, а при ремонтном хромировании и 0,20 мм.

В машиностроительной и авиационной промышленности износостойкому хромированию подвергаются многие ответственные детали. Например, в автомобильной промышленности хромируются: ось шестерни заднего хода, крестовина кардана, вал пазовый, сателлит дифференциала, крестовина дифференциала, толкатель клапана, ось промежуточной шестерни, кулачковый вал, цилиндр двигателя, коленчатый вал, частично кривошипный вал руля и др. Кроме того, имеется еще большая группа деталей, работающих без перемещения хромированных поверхностей, т. е. деталей, идущих под запрессовку.

Как видно из примера автомобильной промышленности, наряду с малонагруженными деталями хромированию подвергаются и высоконагруженные, напряжения в которых циклически изменяются в течение рабочего процесса. В связи с этим приобретает интерес изучение влияния износостойкого хромового слоя на усталостную прочность стальных деталей. Актуальность вопроса усугубляется тем, что в некоторых опубликованных исследованиях имеются указания на снижение пределов выносливости стальных деталей, подвергнутых хромированию. Снижение усталостной прочности может быть иногда очень значительным, и его нельзя игнорировать.

## Литературные данные

Многочисленные испытания хромированных образцов на усталость были произведены Виганом и Шейнстом (1) в 1939 г. Испытывались стали трех марок (табл. 1).

Усталостные испытания (изгиб при вращении при симметричном цикле) проводились на образцах диа-

метром в рабочей части 6,5 мм на базе в 10 млн. циклов. Образцы изготавливались из прутков диаметром 14 мм. Были исследованы разные толщины хромовых покрытий, влияние отпуска и влияние многократных покрытий с предварительным удалением предыдущих слоев.

Таблица 1

Состав и механические свойства сталей

| Условное обозначение стали | C           | Si   | Mn   | Cr   | Ni   | Mo   | V    | $\sigma_{0.2}$     | $\sigma_B$         | $\delta_{10}$ |
|----------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|--------------------|--------------------|---------------|
|                            | в процентах |      |      |      |      |      |      | кг/мм <sup>2</sup> | кг/мм <sup>2</sup> | %             |
| A                          | 0,46        | 0,35 | 0,68 | 1,60 | —    | —    | —    | 66,0               | 86,0               | 12            |
| B                          | 0,29        | 0,35 | 0,71 | 2,49 | 0,50 | 0,27 | 0,20 | 91,0               | 103,0              | 10            |
| C                          | 0,44        | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 35,0               | 71,0               | 16            |

Хромирование было произведено при плотности тока в 50 а/дм<sup>2</sup>, напряжении 4 в и температуре 50°. Для сравнения сделано также глянцевое хромирование образцов при плотности тока в 10 а/дм<sup>2</sup>. Продолжительность процесса и толщина покрытий видны из таблиц. Состав электролита хромовой ванны в работе не указан.

Результаты усталостных испытаний для стали трех марок приведены в табл. 2, 3 и 4. У хромистой

Таблица 2

Пределы выносливости стали А (хромистая)

| № серии опытов | Хромирование | Последующая термообработка | Толщина слоя, мм | Предел выносливости, кг/мм <sup>2</sup> | Изменение предела выносливости, % |
|----------------|--------------|----------------------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| A <sub>1</sub> | Нет          | Нет                        | —                | 46                                      | 100                               |
| A <sub>2</sub> | 1 ч. 05 м.   | Нет                        | 0,03             | 33                                      | 72                                |
| A <sub>3</sub> | 8 ч. 00 м.   | Нет                        | 0,15             | 39                                      | 85                                |
| A <sub>4</sub> | 8 ч. 10 м.   | Отпуск 250°, 2 ч.          | 0,15             | 30,5                                    | 66                                |

стали А (табл. 2) как при тонком (0,03 мм), так и при толстом (0,15 мм) покрытиях падение сопротивления усталости оказалось больше, чем у двух других. У всех сталей предел выносливости после хромирования сильно понизился для тонких слоев и меньше для толстых. Отпуск хромированных сталей (обычно применяющийся при хромировании инструмента, чтобы устранить обусловленную водородом хрупкость), судя по характеристикам, не улучшил усталостную прочность. Отмечается даже ухудшение сопротивления усталости после отпуска: у образцов с толстым хромовым покрытием на 30—55% и у образцов с тонким покрытием — на 15%.

Тупицын Г. И. (2) установил снижение усталостной прочности хромоникелевой стали после пористого хромирования, которое он производил в стандартной ванне (250 г/л CrO<sub>3</sub> + 2,5 г/л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Таблица 3

Пределы выносливости стали В (хромо-миллибдено-ванадиевая)

| № серии опытов  | Хромирование                        | Последующая термообработка | Толщина слоя, мм | Предел выносливости, кг/мм <sup>2</sup> | Изменение предела выносливости, % | Примечание                            |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| B <sub>1</sub>  | Нет                                 | Нет                        | —                | 52,0                                    | 100                               |                                       |
| B <sub>2</sub>  | 1 ч. 05 м.                          | "                          | 0,04             | 48,3                                    | 93                                |                                       |
| B <sub>3</sub>  | Дважды по 1 ч. 05 м.                | "                          | 0,04             | 48,0                                    | 92                                | Первый слой снят гальваническим путем |
| B <sub>4</sub>  | Трижды по 1 ч. 05 м.                | "                          | 0,04             | 44,0                                    | 85                                | Два первых покрытия сняты             |
| B <sub>5</sub>  | 1 ч. 05 м.                          | Отпуск 250°2 час.          | 0,04             | 44,0                                    | 85                                |                                       |
| B <sub>6</sub>  | 8 час.                              | Нет                        | 0,15             | 48,0                                    | 92                                |                                       |
| B <sub>7</sub>  | Дважды по 8 час.                    | "                          | 0,15             | 47,0                                    | 90                                | Первое покрытие снято                 |
| B <sub>8</sub>  | 8 час.                              | Отпуск 250°2 час.          | 0,20             | 24,0                                    | 54                                |                                       |
| B <sub>9</sub>  | То же                               | То же                      | —                | 50,5                                    | 97                                | После отпуски покрытие снято          |
| B <sub>10</sub> | Глянцевое с медноникелевым подслоем | Нет                        | 0,02             | 48,0                                    | 92                                | Общая толщина покрытия                |
| B <sub>11</sub> | То же                               | Отпуск 250°2 час.          | 0,02             | 48,0                                    | 92                                |                                       |
| B <sub>12</sub> | С никелевым подслоем                | Нет                        | Не замерена      | 45,0                                    | 87                                |                                       |

Таблица 4

Пределы выносливости стали С (углеродистая)

| № серии опытов | Хромирование         | Последующая термообработка | Толщина слоя, мм | Предел выносливости, кг/мм <sup>2</sup> | Изменение предела выносливости, % | Примечание            |
|----------------|----------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| C <sub>1</sub> | Нет                  | Нет                        | —                | 30,5                                    | 100                               |                       |
| C <sub>2</sub> | 1 ч. 05 м.           | "                          | 0,035            | 27,0                                    | 69                                |                       |
| C <sub>3</sub> | Дважды по 1 ч. 05 м. | "                          | 0,035            | 27,0                                    | 89                                | Первое покрытие снято |
| C <sub>4</sub> | 8 час.               | "                          | 0,175            | 29,0                                    | 95                                |                       |
| C <sub>5</sub> | Дважды по 8 час.     | "                          | 0,175            | 26,0                                    | 85                                | Первое покрытие снято |
| C <sub>6</sub> | 1 ч. 05 м.           | Отпуск 250°2 час.          | 0,035            | 26,0                                    | 85                                |                       |
| C <sub>7</sub> | 8 час.               | То же                      | 0,175            | 21,0                                    | 69                                |                       |
| C <sub>8</sub> | То же                | "                          | —                | 29,5                                    | 97                                | Покрытие снято        |

при  $D_K = 60-65$  а/дм<sup>2</sup> и температуре 60° с последующей 15-минутной анодной обработкой в хромо-вой ванне при  $D_A = 45$  а/дм<sup>2</sup>.

Испытания четырех серий образцов, отличающихся только толщиной хромированного слоя, показали, что с увеличением толщины электролитически осажденного слоя хрома предел выносливости значительно падает.

### Собственные эксперименты

Испытуемый материал. Для испытаний была принята углеродистая конструкционная сталь марки «40» следующего состава: С — 0,38%;

Si — 0,2%; Mn — 0,54%; S — 0,013%; P — 0,019%; Cr — 0,07%; Ni — 0,24%.

Все образцы изготовлялись из прутков диаметром 38 мм одной и той же плавки, специально произведенной по заказу ЦНИИТМАШ заводом «Серп и молот». Предварительно заготовки стали были нормализованы при 840—860° С.

Испытательная машина и форма образца. Усталостные испытания проводились на машинах типа «УИПМ-20» (рис. 1) конструкции

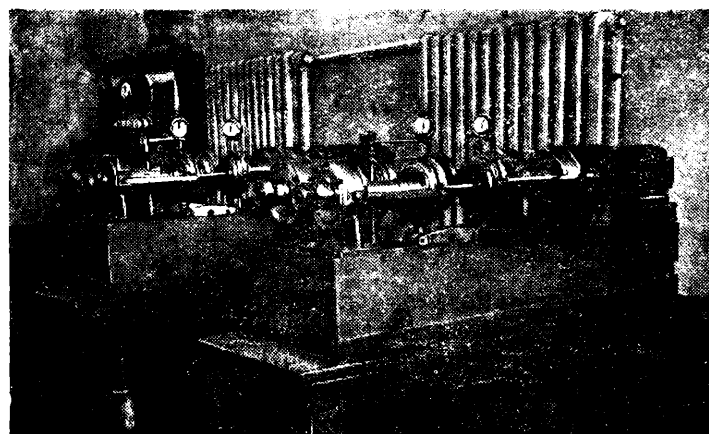


Рис. 1 — Машины ЦНИИТМАШ для испытаний на усталость при переменном изгибе

и изготовления ЦНИИТМАШ. Машины осуществляют переменные изгибающие напряжения в образце постоянным моментом. Каждая из них имеет два шпинделя с индивидуальным приводом от электромотора со скоростью вращения в 1 500 или 2 800 об/мин.

Машина рассчитана на испытание образцов диаметром в рабочей части 18 мм. Зажимные цанги предназначены для крепления цилиндрических головок образца диаметром 30 мм. Форма и размеры испытуемого образца изображены на рис. 2.

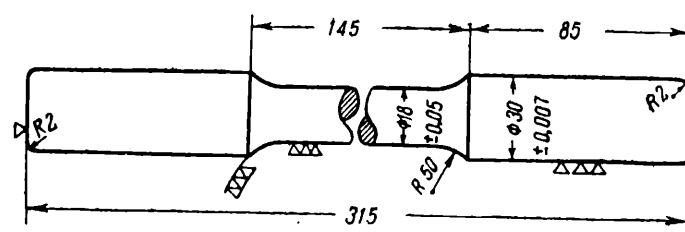


Рис. 2. Образец для испытания на усталость

Условия и режимы хромирования. Хромирование проводилось в производственной ванне с электролитом трех составов (табл. 5).

Таблица 5

### Составы электролитов

| Условное обозначение электролита | Концентрация, г/л |                                |                                |      |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
|                                  | CrO <sub>3</sub>  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe   |
| A                                | 223,70            | 3,34                           | 5,30                           | 5,84 |
| B                                | 199,00            | 1,38                           | 2,50                           | —    |
| C                                | 207,70            | 2,06                           | 3,30                           | —    |

Каждая серия усталостных образцов хромировалась одновременно с тремя образцами для испытаний на ударную вязкость и тремя образцами для испытаний на растяжение. Перед хромированием образцы обрабатывались до окончательных размеров

шлифованном с обильным охлаждением. После хромирования рабочая часть образцов не подвергалась никакой механической обработке.

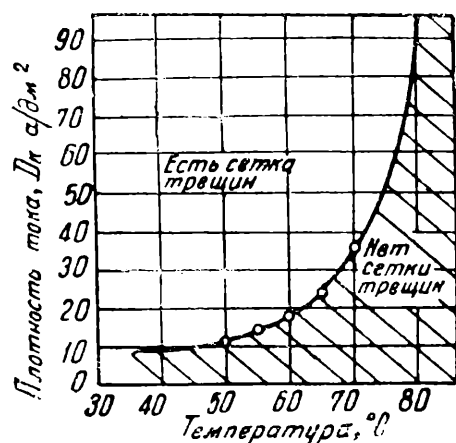


Рис. 3. Граница осадков хрома, имеющих и не имеющих сетки трещин

Режимы хромирования по плотности тока и температуре в различных электролитах были выбраны с тем расчетом, чтобы определить влияние на усталостную прочность как блестящего, так и молочного хрома. В практике широко пользуются блестящим хромом. Однако он считается не во всех случаях пригодным, так как в его слое имеются микроскопические трещины. В молочном же хrome таких трещин нет (рис. 3 и 4)

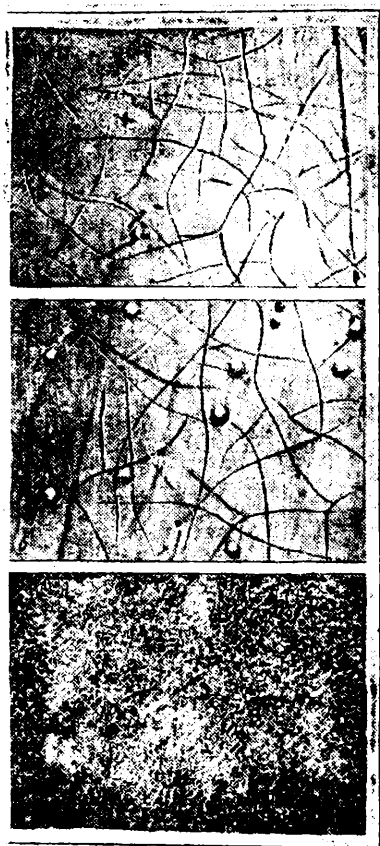


Рис. 4. Структура хромированных осадков:

- а — наличие сетки трещин  
 $D_k = 25 \text{ а/дм}^2, t = 50^\circ$   
 б — наличие сетки трещин  
 $D_k = 50 \text{ а/дм}^2, t = 50^\circ$   
 в — отсутствие сетки трещин  
 $D_k = 25 \text{ а/дм}^2, t = 65^\circ$

Влияние последующей термообработки на усталостную прочность проверялось на четырех сериях, образцы которых подвергались отпуску при 100 и 250°.

Результаты статических и ударных испытаний. Помимо усталостных образцов были изготовлены и отхромированы образцы для испытаний на растяжение (диаметром 6 мм) и на ударную вязкость. Режимы хромирования были одинаковыми. Результаты этих испытаний сведены в табл. 6. Здесь же указаны числа твердости для образцов, прошедших хромирование по различным режимам. Испытания на твердость производились на приборе Виккерса с нагрузкой 5 кг и на приборе системы проф. Хрущева М. М. (для измерения микротвердости) при

нагрузке 100 г. В обоих случаях для испытаний использовалась алмазная четырехгранная пирамида Виккерса. Ввиду малых толщин хромированных покрытий числа твердости по Виккерсу являются заниженными (так как алмаз проникает за пределы хромированного слоя) и их следует считать условными.

Числа твердости хромированных покрытий, полученные при измерении на приборе системы проф. Хрущева М. М., в основном согласуются с результатами определений твердости (рис. 5) толстых хромированных осадков (0,5 мм), выполненных Символистом (4). Последний производил измерения по Виккерсу и Роквеллу, а полученные результаты переводил на шкалу Бринеля. Результаты измерений показывают, что твердость электроосажденного хрома зависит как от температуры электролита, так и от плотности тока. Только при 55° плотность тока не оказывает влияния на твердость хрома. По мере увеличения плотности тока при температуре до 50° твердость хрома понижается, а выше 50° — растет.

Пределы пропорциональности и текучести определялись по диаграммной записи на испытательной машине ЦНИИТМАШ — тип ИМ-4Р.

Результаты испытаний на усталость. Всего было изготовлено и испытано на усталость 12 серий образцов с различными режимами хромированных покрытий (табл. 7). Каждая серия состояла из 6—8 образцов, необходимых для построения кривой Веллера. Испытания велись на базе в 5 млн. циклов. Кривые Веллера представлены на рис. 6, 7, 8 (для гладких образцов) и 9 (для надрезанных образцов). Форма надреза изображена на рис. 10. Характерной особенностью усталостных изломов для хромированных образцов является наличие шиферности (рис. 11). Рядом с усталостным изломом располагается зона поперечных трещин. Очевидно, усталостное разрушение идет по целому семейству трещинок, которые прогрессируют одновременно.

Как показывают данные табл. 7 и кривые Веллера, предел усталости стали после хромирования заметно понижается. Из 12 серий хромированных образцов только в одной усталостная прочность не снизилась. В остальных 11 сериях предел выносливости уменьшился от 7 до 22%. Максимальное снижение усталостной прочности отмечается на образцах с более толстым слоем хрома, что согласуется с данными Тупицына Г. И. (2). Отпуск хромированных образцов при 100° — 3 часа — несколько улучшил усталостную прочность (для серии Х-3 — на 7%, для

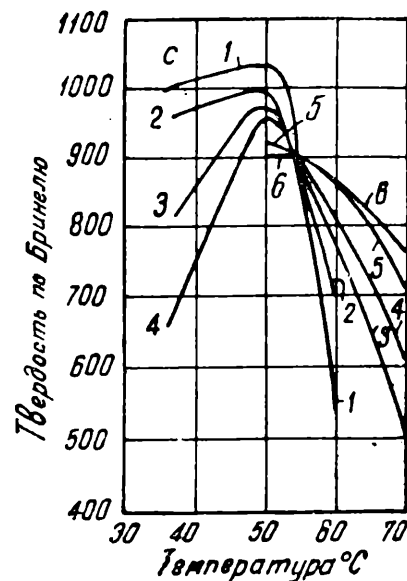


Рис. 5. Влияние плотности тока и температуры на твердость (по Бринелю) хромированных покрытий:  
 1 —  $D_k = 15 \text{ а/дм}^2$ ; 2 —  $D_k = 20 \text{ а/дм}^2$ ;  
 3 —  $D_k = 30 \text{ а/дм}^2$ ; 4 —  $D_k = 40 \text{ а/дм}^2$ ;  
 5 —  $D_k = 60 \text{ а/дм}^2$ ; 6 —  $D_k = 80 \text{ а/дм}^2$ .



Таблица 6

Механические свойства хромированных образцов, полученные при испытаниях на растяжение, на изгиб ударом и на твердость

| Серия | Режим хромирования                      | Толщина слоя хрома, в мм | Последующая обработка | $\sigma_K$ | $\sigma_P$ | $\sigma_{0.2}$ | $\sigma_B$ | $\delta_5$ | $\psi$ | $\sigma_z$ | $H_M$<br>(100 з) | $H_W$<br>(5 кг) |
|-------|-----------------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------|------------|----------------|------------|------------|--------|------------|------------------|-----------------|
| A     | Нет                                     | —                        | —                     | 5,5        | 33,5       | 35,8           | 62,8       | 21,4       | 51,0   | 109,0      | 215              | 182             |
| X=1   | $D_K = 32 \text{ а/дм}^2, t = 60^\circ$ | 0,03                     | —                     | 7,1        | 32,7       | 34,9           | 61,0       | 22,0       | 51,5   | 106,9      | 823              | 265             |
| X=2   | То же                                   | 0,10                     | —                     | 6,0        | 29,3       | 31,7           | 59,4       | 21,3       | 54,8   | 111,2      | 706              | 391             |
| X=3   | "                                       | 0,03                     | Отпуск 100°           | 5,9        | 32,3       | 34,9           | 61,2       | 22,7       | 53,8   | 112,5      | 823              | 293             |
| X=7   | "                                       | 0,08                     | Отпуск 250°           | 7,2        | 30,6       | 34,1           | 59,3       | 23,5       | 54,3   | 107,6      | 790              | 265             |
| X=5   | "                                       | 0,10                     | Отпуск 100°           | 6,8        | 32,5       | 34,9           | 60,2       | 18,5       | 41,2   | 85,1       | 823              | 585—515         |
| X=6   | "                                       | 0,10                     | Отпуск 250°           | 7,3        | 33,5       | 36,2           | 61,8       | 18,4       | 41,4   | 89,6       | 760              | 575             |
| X=8   | $D_K = 25 \text{ а/дм}^2, t = 70^\circ$ | 0,03                     | —                     | 5,4        | 34,4       | 36,5           | 62,6       | 21,6       | 51,2   | 107,8      | 790              | 273             |
| X=9   | То же                                   | 0,03                     | Отпуск 100°<br>3 часа | 6,7        | 33,6       | 35,4           | 61,4       | 22,4       | 49,6   | 97,5       | 605              | 242             |
| X=10  | $D_K = 35 \text{ а/дм}^2, t = 80^\circ$ | 0,03                     | —                     | 4,6        | 33,5       | 35,7           | 60,9       | 21,0       | 40,0   | 92,3       | 592              | 247             |
| X=11  | $D_K = 22 \text{ а/дм}^2, t = 70^\circ$ | 0,03                     | —                     | 5,7        | 34,0       | 35,1           | 60,7       | 22,3       | 49,5   | 104,2      | 615              | 242             |

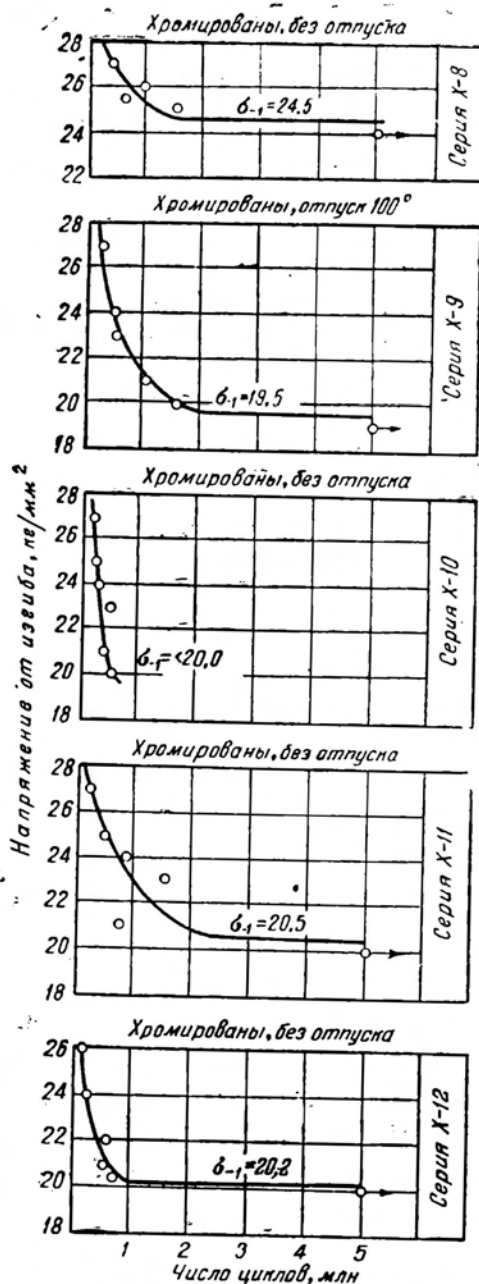


Таблица 7

Пределы выносливости хромированных образцов

| Серия образцов | Поверхность образца           | Режим хромирования и вид хрома                           | Толщина слоя хрома, мм | Обработка после хромирования | Пределы выносливости |     |     | Электродлиты |
|----------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|----------------------|-----|-----|--------------|
|                |                               |                                                          |                        |                              | кг/мм²               | %   | %   |              |
| A=1            | Гладкая                       | Без покрытия хромом                                      | —                      | —                            | 24,5                 | 100 | —   | —            |
| X=1B           | С надрезом $h=0,4 \text{ мм}$ | То же                                                    | —                      | —                            | 14,8                 | —   | 100 | —            |
| X=1            | Гладкая                       | $D_K = 32 \text{ а/дм}^2, t = 60^\circ$ , хром блестящий | 0,03                   | —                            | 20,3                 | 83  | —   | A            |
| X=2            | "                             | То же                                                    | 0,10                   | —                            | 19,5                 | 80  | —   | "            |
| X=3            | "                             | "                                                        | 0,03                   | Отпуск 100°, 3 час.          | 22,2                 | 90  | —   | "            |
| X=4            | С надрезом $h=0,4 \text{ мм}$ | "                                                        | 0,03                   | —                            | 13,8                 | —   | 93  | "            |
| X=5            | Гладкая                       | $D_K = 32 \text{ а/дм}^2, t = 60^\circ$ , хром блестящий | 0,10                   | Отпуск 100°, 3 час.          | 22,5                 | 92  | —   | "            |
| X=6            | "                             | То же                                                    | 0,10                   | Отпуск 250°, 2 час.          | 19,2                 | 78  | —   | "            |
| X=7            | "                             | "                                                        | 0,03                   | То же                        | 21,0                 | 86  | —   | "            |
| X=8            | "                             | $D_K = 25 \text{ а/дм}^2, t = 70^\circ$ , хром молочный  | 0,03                   | —                            | 24,5                 | 100 | —   | "            |
| X=9            | "                             | То же                                                    | 0,03                   | Отпуск 100°, 3 час.          | 19,5                 | 80  | —   | B            |
| X=10           | "                             | $D_K = 35 \text{ а/дм}^2, t = 80^\circ$ , хром молочный  | 0,03                   | —                            | <20,0                | <82 | —   | "            |
| X=11           | "                             | $D_K = 22 \text{ а/дм}^2, t = 70^\circ$ , хром молочный  | 0,03                   | —                            | 20,5                 | 81  | —   | "            |
| X=12           | "                             | $D_K = 25 \text{ а/дм}^2, t = 70^\circ$ , хром молочный  | 0,03                   | —                            | 20,2                 | 82  | —   | C            |

Рис. 6. Кривые усталости стали «40» до и после хромирования на толщину 0,03 (см. табл. 7)

серии X-5 (на 12%), однако ни в одном случае не было достигнуто исходной величины предела выносливости нехромированной стали. Отпуск при  $250^\circ$  — 2 часа практически не изменяет предела выносливости для образцов с тонким покрытием, а для образцов с покрытием в 0,1 мм даже несколько снижает определяемую величину. Серия образцов X-8, хромирование которой производилось в электролите А, содержащем максимальное количество кислоты ( $3,34 \text{ г/л H}_2\text{SO}_4$  при  $223,7 \text{ г/л CrO}_3$ ) по режиму  $A_1 = 25 \text{ а/дм}^2$ ,  $t = 70^\circ$  (молочный хром), не пока-

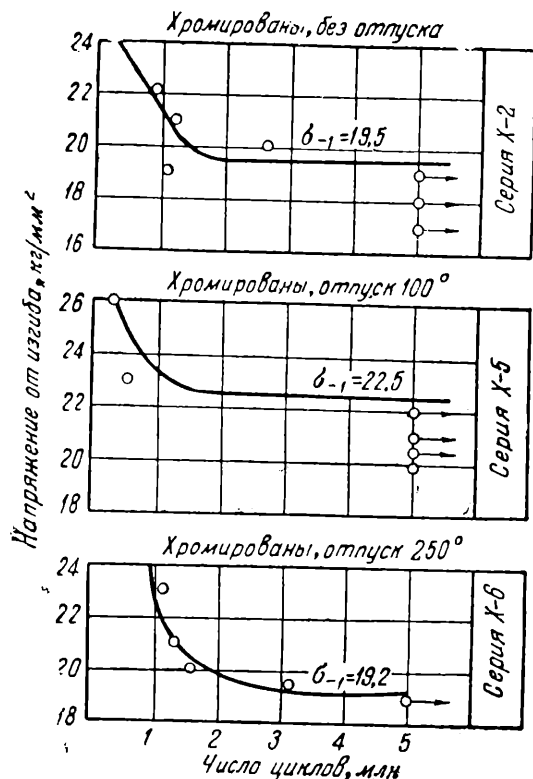


Рис. 7. Кривые усталости стали «40» до и после хромирования на толщину 0,10 (см. табл. 7)

зала понижения предела усталости. Остальные 7 серий, хромированные в том же электролите, но блестящим хромом (режим хромирования  $D_k = 32 \text{ а/дм}^2$ ,  $t = 60^\circ$ ), имели пониженную усталостную прочность. Электролитическое покрытие молочным хромом в электролитах В и С снизило предел усталости стали на 18—20%.

### Причины понижения усталостной прочности

Основной причиной понижения усталостной прочности для хромированных изделий считалось повреждение основного материала от поглощения им атомного водорода и вытекающие отсюда последствия. Предполагалось, что водород, проникая в изделие, встречает на своем пути малые полости, шлаковые включения и пр., и, вследствие происходящего там молекулярного превращения, он местами уплотняется до очень высоких давлений. Возможно было предположить, что при проникновении водорода в основной металл происходит расклинивание зерен и образование трещин, которые облегчают усталостные разрушения. Однако у исследованных Вигандом сталей при увеличении в 1 200 раз такие трещины не обнаружены.

Против значительного повреждения основного металла от поглощения водорода говорят также результаты испытаний на усталость хромированных образцов, подвергшихся отпуску, с которых слой хрома был удален. Как показало исследование Виганда, предел выносливости уменьшается здесь всего на 3% (образцы серий С<sub>8</sub> и В<sub>9</sub>) против образцов, не подвергавшихся хромированию. Столь малое изменение выносливости лежит в пределах точности определения этой величины.

Таким образом, сильное падение сопротивления усталости хромированных образцов следует приписать только неблагоприятным свойствам хромового слоя. Особенно большое падение усталостной прочности Виганд наблюдал у отпущенных образцов с толстым хромовым слоем. По его мнению, выходящий из основного материала водород задерживается в хромовом покрытии или между этим покрытием и основным материалом. Многочисленные пузырьки в хrome приводят к разрывам и указанным выше неблагоприятным последствиям.

Однако проведенные нами опыты с отпуском ряда серий образцов, имеющих различную толщину покрытия, не подтвердили данных Виганда. Отпуск при  $100^\circ$  дал некоторое повышение предела выносливости образцов, имеющих как тонкие, так и толстые слои хрома. Спро-

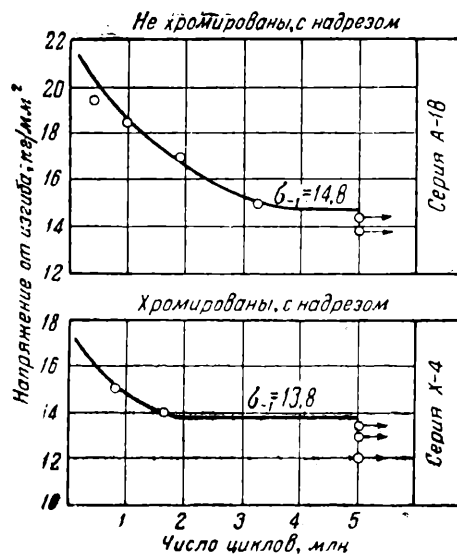


Рис. 9. Кривые усталости надрезанных образцов стали «40» до и после хромирования

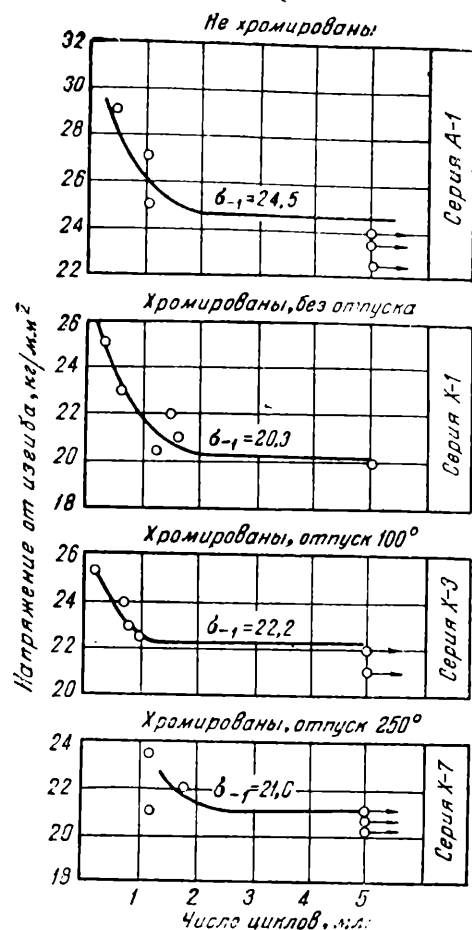


Рис. 8. Кривые усталости образцов стали «40» после молочного хромирования

сопротивление

тивление хромированных образцов усталостному разрушению после их отпуска при 250° практически не изменилось.

Снижение усталостной прочности хромированных образцов может обуславливаться большими остаточными растягивающими напряжениями, которые образуются в слое хрома. Для наблюдения этих напряжений нами был произведен следующий опыт. Приготовлена тонкая стальная пластинка (рис. 12), которая подвергалась хромированию только с одной плоскости. В результате нанесения слоя хрома толщиной 0,03 мм пластинка значительно искривилась, что свидетельствовало о возникнове-

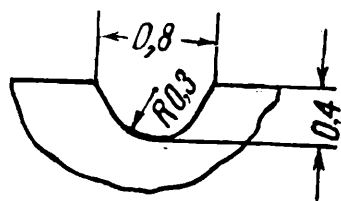


Рис. 10. Форма надреза на усталостных образцах

нии в слое хрома растягивающих напряжений. На длине пластины в 65 мм стрела прогиба оказалась равной 2 мм.

Расчет средней величины напряжений в слое хрома может быть произведен по формуле:

$$\sigma = \frac{8 E I f}{l^2 \epsilon \Delta F}$$

где  $\Delta F$  — площадь поперечного сечения слоя хрома,  
 $f$  — стрела прогиба пластины,  
 $l$  — длина пластины,  
 $\epsilon$  — расстояние от центра тяжести поперечного сечения покрытия до центра тяжести пластины с нанесенным слоем.

Принимая  $E = 21000 \text{ кг/мм}^2$ , находим:

$$\sigma = \frac{8 \times 21000 \times 0,068 \times 2}{4225 \times 0,15 \times 0,9} \approx 40 \text{ кг/мм}^2.$$

Столь большая величина остаточных напряжений в слое хрома несомненно должна значительно снизить величину предела выносливости.

## ВЫВОДЫ

1. Электролитическое покрытие хромом стальных деталей приводит к заметному (до 22%) снижению их усталостной прочности.

2. Отпуск хромированных изделий при 100° несколько улучшает усталостную прочность. Нагрев при более высокой температуре (250°) практически не изменяет предела выносливости хромированных изделий.

3. Хромирование не вызывает заметного изменения прочности, определяемой статическими нагрузками.

4. Твердость хромовых покрытий, измеренная на приборе системы проф. Хрущева М. М., подтверждает ранее опубликованные данные.

5. Понижение усталостной прочности в результате хромирования объясняется, главным образом, большими растягивающими напряжениями, которые возникают в слое хрома при его формировании в гальванической ванне.

6. Совершенно необходимо учитывать снижение усталостной прочности хромированных деталей, если по условиям эксплуатации они подвергаются высоким циклически меняющимся напряжениям, и для этих случаев применять хромирование с большой осторожностью.

7. Требуется дальнейшее изучение усталостной прочности хромированных деталей для установления влияния состава электролита и технологических режимов хромирования. Необходимы также поиски рациональных способов устранения вредного влияния хромовых покрытий на усталостную прочность.

## ЛИТЕРАТУРНЫЕ ССЫЛКИ

1. Wiegand und Scheinost, VDI, 1939, № 21, S. 655.
2. Тулицын Г. И. Публичная диссертация, 28 марта 1947 г., ВИАМ (Москва).
3. Федоров Ю. Б., Коррозия и борьба с ней, 1937, № 5—6.
4. Symboliste, Trans. Am. Electrochem. Soc., T.73., 1938.

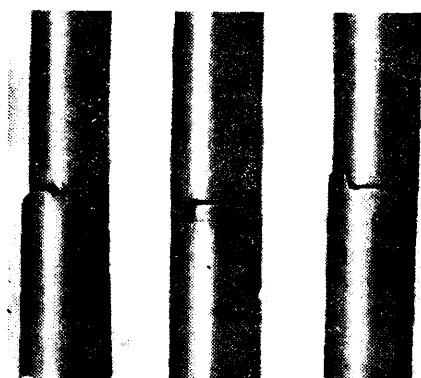


Рис. 11. Характерные усталостные изломы хромированных образцов

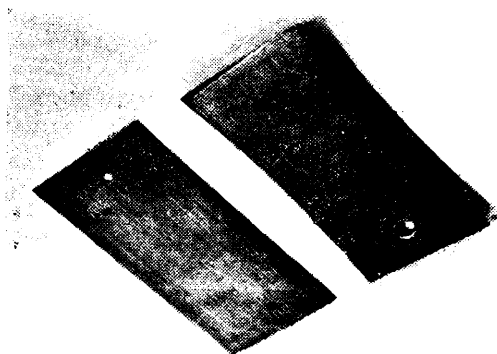


Рис. 12. Искривление стальной пластинки в результате одностороннего хромирования

# Устойчивость мачты на оттяжках

Г. А. САВИЦКИЙ

(Член Общества строителей)

**М**ачта представляет собой упругую систему, состоящую из стержня (ствола), опертого на одну жесткую опору (фундамент), и ряда упругих опор, образованных узлом поддерживающих мачту оттяжек. Несмотря на это, часто ограничиваются только расчетом прочности самой мачты, не исследуя ее устойчивости. В общем случае ствол мачты является неразрывным стержнем. Одноствольные деревянные, телескопические конструкции мачт и т. п. можно рассматривать с достаточной для практики точностью как шарнирную цепь на упругих опорах.

Упругая характеристика (жесткость) опоры мачты, даже при стальных канатах, не является строго постоянной и независимой от давления на опору. Однако при надлежащем проектировании отклонение ее от среднего значения составляет всего несколько процентов, что позволяет считать жесткость величиной постоянной.

В большинстве случаев по конструктивным соображениям не удается осуществить центральную передачу усилия от оттяжек на ствол мачты, и, следовательно, продольные силы действуют эксцентрично.

Большой объем вычислений для исследования устойчивости сжатого стержня точными методами заставил многих ученых пойти по пути упрощения<sup>1</sup>.

В защиту приближенных методов расчета на устойчивость вообще, а данной конструкции в особенности, можно сказать, что они требуют значительно меньшей затраты труда. Однако решающим является то, что до настоящего времени нет твердой и ясной точки зрения на величину коэффициента запаса на устойчивость стержневых систем. Кроме того, в работе оттяжек мачты возможны отклонения от расчетных величин, которые могут быть больше, чем требуемая иногда точность расчета.

Метод эквивалентной шарнирной цепи. Для исследования общего случая устойчивости сжатого стержня на упругих опорах автор применил следующий метод. Неразрезный стержень заменяется эквивалентной шарнирной цепью на упругих опорах с эквивалентной жесткостью, в которой приближенно учитывается поддерживающее действие самого стержня. Ввиду равенства опорных моментов в шарнирной цепи нулю задача нахождения коэффициента запаса на устойчивость значительно упрощается, так как надо решать совместно только уравнения равновесия сил на опоре.

Эквивалентная жесткость каждой опоры многопролетного стержня находится как сумма жесткости самой опоры и единичного прогиба балки, составленной поочередно из двух смежных пролетов, при действии на нее сосредоточенной силы, приложенной в средней, упругой опоре.

Рассмотрим стержень, один конец которого закреплен шарнирно, а другой имеет упругую опору (рис. 1).

Если жесткость опоры равна  $\nu$  (размерность сила/длина), то условие потери устойчивости будет

$$P_{кр} - \nu_0 l = 0, \quad (1)$$

так как

$$H = P_{кр} \frac{y}{l} \text{ и } y = H : \nu_0.$$

Заменяя  $P_{кр} = \lambda_0 P$ , где  $\lambda_0$  — коэффициент запаса на устойчивость, получим:

$$\lambda_0 = \nu_0 \frac{l}{P}. \quad (2)$$

Здесь и далее (если не сделано оговорок) предполагается, что устойчивость стержня выше, чем системы.

Если один конец стержня заделан жестко, то эквивалентная жесткость другой опоры будет зависеть от жесткости самой опоры  $\nu_0$  и от длины и жесткости стержня  $EI$ , т. е.

$$\nu_s = \nu_0 + \frac{3EI}{l^3}. \quad (3)$$

Условие устойчивости такого стержня будет то же, но в выражении (2) стоит эквивалентная жесткость  $\nu_s$ , вместо жесткости опоры  $\nu_0$ .

Перейдем к рассмотрению двухпролетного шарнирно сочлененного стержня с неизменной жесткостью, имеющего среднюю упругую опору (рис. 2).

Условие устойчивости для него:

$$H = \lambda_0 P_1 \frac{y}{l_1} + \lambda_0 P_2 \frac{y}{l_2}, \quad (4)$$

$$y = H : \nu_0. \quad (5)$$

Подставляя равенство (5) и (4) и заменяя  $\frac{P}{l} = S$ , получим коэффициент устойчивости

$$\lambda = \frac{\nu_0}{S_1 + S_2}. \quad (6)$$

Для неразрезного стержня эквивалентная жесткость средней опоры  $\nu_s$  найдется приближенно как сумма

$$\nu_s = \nu_0 + \frac{3E(l_1 + l_2)}{l_1^3 l_2^3} \cdot \frac{I_{n+1}}{I_n} + 1, \quad (7)$$

а коэффициент устойчивости  $\lambda$  также по формуле (6), если подставить  $\nu_s$ , вместо  $\nu_0$ .

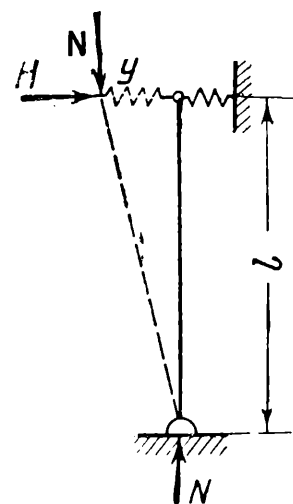


Рис. 1

<sup>1</sup> См. литературу в книге С. П. Тимошенко, Устойчивость упругих систем, 1946.

В мачтах изменение жесткости ствола по длине часто невелико, и поэтому, идя в запас устойчивости, можно рассчитывать по минимальной жесткости  $EI$  двух смежных пролетов.

Рассмотрим шарнирный стержень с  $n$  пролетами. В общем случае будем полагать, что продольные силы, эквивалентные жесткости опор и длина стержней различны по пролетам (рис. 3).

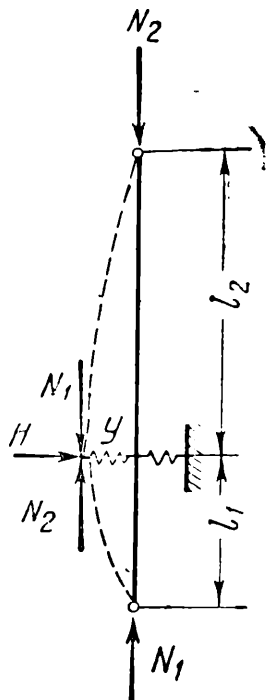


Рис. 2

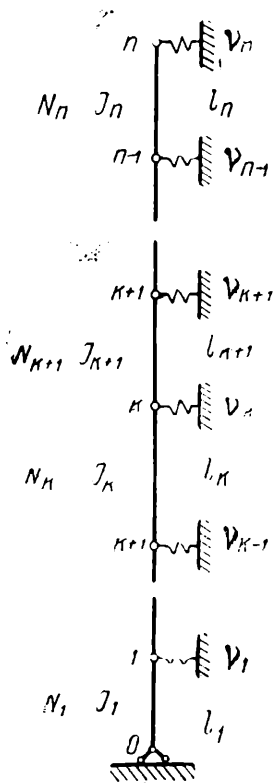


Рис. 3

Как уже указывалось, продольные силы в мачте действуют эксцентрично. Кроме того, упругая характеристика опоры, образованной оттяжками, имеет ту особенность, что ее величина зависит как от опорной реакции  $H$ , так и от давления ветра на тросы. В этом случае жесткость опоры

$$\nu = \frac{H}{y + y^\Phi}, \quad (a)$$

где  $y$  — осадка опоры от давления на нее,  $y^\Phi$  — фиктивная осадка, обусловленная давлением ветра на тросы, или, точнее, разностью между удельными нагрузками на наветренные и подветренные оттяжки.

Момент от эксцентричного крепления оттяжек

$$M_e = H \frac{d}{2} \operatorname{tg} \beta, \quad (б)$$

где  $d$  — расстояние между точками крепления на ветренной и подветренной оттяжек,  $\beta$  — угол наклона оттяжек к горизонту.

Подставляя в (б) выражение  $H$  из (а), получаем:

$$M_e = \frac{d}{2} (\nu y + \nu y^\Phi) \operatorname{tg} \beta.$$

Заменив

$$\varepsilon = \frac{d}{2} \operatorname{tg} \beta$$

и

$$M_e^\Phi = \varepsilon \nu y^\Phi,$$

будем иметь

$$M_e = \varepsilon \nu y + M_e^\Phi. \quad (в)$$

Величина  $M_e^\Phi$ , как не зависящая от давления на опору, может быть отброшена при рассмотрении устойчивости мачты.

Тогда момент ниже опоры  $K$

$$M_{K, \kappa} = M_K + \varepsilon_\kappa \nu_\kappa y_\kappa, \quad (г)$$

где  $M_K$  — опорный момент, обусловленный поперечной нагрузкой.

После этого условие равновесия сил на  $K$ -той опоре

$$\frac{M_{K, \kappa} - M_{K-1, \kappa}}{l_\kappa} - \frac{M_{K+1, \kappa+1} - M_{K, \kappa+1}}{l_{\kappa+1}} - P_\kappa \frac{y_\kappa - y_{\kappa-1}}{l_\kappa} - P_{\kappa+1} \frac{y_{\kappa+1} - y_\kappa}{l_{\kappa+1}} + H_K = 0. \quad (д)$$

Здесь под  $P$  подразумеваются, естественно, критические силы, т. е.  $P = \lambda N^2$ , где  $N^2$  — продольные силы при нормальной нагрузке. Первый индекс у момента  $M$  означает порядковый номер опоры, второй — в каком пролете действует момент.

Подставляя выражение (г) в (д) и  $H_K = \nu_\kappa y_\kappa$ , помня, что опорные моменты, не зависящие от осадки опор, равны нулю, после преобразования получим:

$$\frac{P_\kappa}{l_\kappa} y_{\kappa-1} - \left( \frac{P_\kappa}{l_\kappa} + \frac{P_{\kappa+1}}{l_{\kappa+1}} - \nu_\kappa - \frac{\varepsilon_\kappa}{l_\kappa} \nu_\kappa \right) y_\kappa + \left( -\frac{P_{\kappa+1}}{l_{\kappa+1}} - \frac{\varepsilon_{\kappa+1} \nu_{\kappa+1}}{l_{\kappa+1}} \right) y_{\kappa+1} = 0. \quad (8)$$

Вводя сокращения:

$$S = \frac{P}{l}, \quad (9)$$

$$\nu_p = \nu \left( 1 + \frac{\varepsilon}{l} \right), \quad (10)$$

$$\mu = \nu \cdot \frac{\varepsilon}{l}, \quad (11)$$

получаем

$$S_\kappa y_{\kappa-1} - (S_\kappa + S_{\kappa+1} - \nu_{p\kappa}) y_\kappa + (S_{\kappa+1} - \mu_{\kappa+1}) y_{\kappa+1} = 0. \quad (12)$$

Система уравнений вида (12) даст отличные от нуля значения неизвестных только тогда, когда ее определитель равен нулю<sup>1</sup>. После преобразования получим уравнение для непосредственного нахождения

$$(-1)^n \lambda^n + (-1)^{n-1} B_n \lambda^{n-1} + (-1)^{n-2} B_2 \lambda^{n-2} + \dots + B_{n-2} \lambda^2 - B_{n-1} \lambda + B_n = 0, \quad (13)$$

наименьший корень которого даст коэффициент запаса. При этом предполагается, что отдельные стержни не теряют устойчивости до наступления потери устойчивости шарнирной цепи.

Рассмотрим предварительно стержень с тремя пролетами. Определитель уравнений вида (12) после преобразования даст кубическое уравнение относительно коэффициента  $\lambda$ :

$$-\lambda^3 + B_1 \lambda^2 - B_2 \lambda + B = 0,$$

<sup>1</sup> Тривиальное решение  $\Delta = 0$ , когда нулю равны неизвестные, отбрасываем.

где

$$B_1 = \frac{\nu_1 + \nu_2 + \nu_3 - \mu_2 - \mu_3}{S_1} + \frac{\nu_2 + \nu_3 - \mu_3}{S_2} + \frac{\nu_3}{S_3};$$

$$B_2 = \frac{\nu_1}{S_1} \cdot \frac{\nu_2 + \nu_3 - \mu_3}{S_2} + \frac{\nu_1 + \nu_2}{S_1} \cdot \frac{\nu_3}{S_3} + \frac{\nu_2}{S_2} \cdot \frac{\nu_3}{S_3};$$

$$B_3 = \frac{\nu_1}{S_1} \cdot \frac{\nu_2}{S_2} \cdot \frac{\nu_3}{S_3}$$

(здесь и далее значок  $p$  у  $\nu$  для простоты опущен).

Из рассмотрения выражений (10) и (11) видно, что величина  $\mu$  значительно меньше, чем  $\nu$ , и так как она входит слагаемым в коэффициенты  $B$ , ею можно пренебречь.

Как видно из выражения (10) результирующей жесткости опоры, эксцентричное крепление оттяжек повышает жесткость опоры, т. е. увеличивает устойчивость системы.

После упрощения уравнения (12) будем иметь:

$$S_k y_{k-1} - (S_k + S_{k+1} - \nu_k) y_k + S_{k+1} y_{k+1} = 0. \quad (14)$$

Раскрывая определитель системы уравнений вида (14), получаем уравнение вида (13), в коэффициентах  $B$  которого будут отсутствовать  $\mu$ .

Коэффициенты  $B$  уравнения (13) представляют собой суммы произведений и  $K$  сомножителей  $a_{ij}$ , где  $K$  порядковый номер  $B$ , а

$$a_{ij} = \sum_{p=i}^{p=j} \nu_p \dots (i, j = 1, 2, 3 \dots n),$$

где  $n$  — число пролетов.

Коэффициенты  $B$  составляются по правилам сочетаний, причем индексы этих сомножителей  $a_{ij}$  идут в порядке натуральных чисел (без инверсий) и последний индекс сомножителей всегда равен  $n$ . Разность между двумя индексами одного и того же сомножителя принимает значения от нуля до  $n-1$ , а разность стоящих рядом равна единице.

Например

$$B_1 = - \sum_{i=1}^{i=n} a_{i, n} \quad (i = 1, 2, 3 \dots n),$$

$$B_n = a_{11} a_{22} a_{33} \dots a_{nn}.$$

При исследовании устойчивости сжатого стержня на упругих опорах, повышая жесткость опор, можно заметить, что при некотором критическом значении последней стержень начнет изгибаться с числом полуоволн, равным числу пролетов, т. е. опоры начнут вести себя как абсолютно жесткие. Поэтому увеличение жесткости опор выше критической с целью повышения устойчивости системы не имеет смысла.

**П р и м е р 1.** Стальная мачта высотой 200 м имеет три пролета по 60 м и консоль 20 м

|             |         |         |         |
|-------------|---------|---------|---------|
| Пролеты     | 1       | 2       | 3       |
| $EI, m/m^2$ | 807 000 | 730 000 | 585 000 |
| $P, m$      | 247     | 187     | 107     |
| $\nu, m/m$  | 109,8   | 69,4    | 41,3    |

Составляя уравнение вида (14) и вычисляя коэффициенты  $B$ , получаем:

$$-\lambda^3 + 113,1\lambda^2 - 2489\lambda + 13850 = 0.$$

Минимальный корень этого уравнения, т. е. коэффициент запаса на устойчивость,

$$\lambda = 8,8.$$

Расчет точным методом устойчивости мачты как неразрезного стержня на упругих опорах, дал минимальный корень  $\lambda = 8,82$ . Для нахождения неизвестных применялся метод деформаций, а вычисление определителя производилось по сокращенной схеме алгоритма Гаусса, строя кривую  $\Delta = f(\lambda)$  по точкам.

Метод усредненных параметров. Этот метод является развитием метода эквивалентной шарнирной цепи, так как в нем рассматривается та же цепь, но со средними величинами продольных сил, жесткости опор и длиной стержней в пролетах.

Сначала рассмотрим сжатый многопролетный стержень с равными пролетами, с одинаковыми упругими характеристиками опор, неизменной жесткости по длине и с постоянной силой сжатия. В такой системе при достижении критической силы все стержни в пролетах изогнутся одновременно. Это значит, что изгибающие моменты на опорах будут равны нулю. Таким образом неразрезный стержень можно рассматривать как шарнирную цепь.

Если в уравнении (13) положить

$$\frac{P}{\nu l} \cdot \lambda = \beta,$$

то, умножив на

$$\left(\frac{P}{\nu l}\right)^n,$$

получим того же вида уравнение (13) относительно  $\beta$ , но для единичных параметров стержня. Определяя минимальный корень такого уравнения при различном числе пролетов  $n$ , получим значения  $\beta$ , приведенные в табл. 1.

При равных, но отличных от единицы, значениях параметров стержня коэффициент устойчивости

$$\lambda = \beta \frac{\nu l}{P}, \quad (15)$$

где  $\beta$  — коэффициент устойчивости для единичных значений из табл. 1.

Условия минимальной жесткости опор  $\nu$ , при которой они обеспечат требуемый коэффициент запаса на устойчивость,

$$\nu \geq \frac{\lambda P}{\beta l}. \quad (16)$$

Используя выведенные соотношения, получаем выражения для определения коэффициента устойчивости любого стержня при усредненных параметрах

$$\lambda = \beta_n \frac{\sum_{i=1}^n \nu_i}{\sum_{i=1}^n S_k}, \quad (17)$$

где  $\beta$  берут из табл. 1.

Таблица 1

| $n$     | 1   | 2   | 3     | 4     | 5     | 6           |
|---------|-----|-----|-------|-------|-------|-------------|
| $\beta$ | 1,0 | 382 | 0,308 | 0,288 | 0,271 | 0,265—0,250 |

При числе пролетов мачты больше шести, коэффициент  $\beta$  определяют интерполяцией.

Выражение справедливо как для шарнирной цепи на упругих опорах, так и для неразрезного стержня. Для последнего случая под  $\nu$  надо понимать эквивалентную жесткость опоры, которая определяется по формулам (3) и (7).

При групповом закреплении нескольких ярусов оттяжек мачты к анкеру может оказаться, что жесткость одной из средних опор будет меньше, чем остальных. В этом случае коэффициент запаса на устойчивость по формуле (17) будет выше, чем по точному методу. При значительном отклонении жесткости опоры от средней ее следует повысить, взяв канат большего сечения или увеличить начальное (монтажное) тяжение оттяжек.

При жесткости опор выше критической и конечной жесткости стержня коэффициент запаса на устойчивость системы, естественно, не может быть больше минимального коэффициента запаса наименее устойчивого из стержней по пролетам.

Влияние жесткости опор верхних пролетов оказывается значительно меньше, если сравнить коэффициенты  $\beta$  и  $\beta'$  для стержня, оба конца которого закреплены шарнирно, но на абсолютно жестких опорах<sup>1</sup>.

При увеличении числа опор коэффициенты  $\beta$  в обоих случаях стремятся к предельному значению 0,25, т. е. не зависят от способа опирания концов стержня.

**Пример 2.** Стальная мачта имеет высоту 75 м и неизменную жесткость ствола.

| Пролеты    | 1     | 2     | 3     | 4     |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| $l, м$     | 15,00 | 16,50 | 19,50 | 24,0  |
| $P, т$     | 33,39 | 31,42 | 27,75 | 18,97 |
| $\nu, т/м$ | 11,10 | 6,70  | 8,00  | 5,44  |

$$\Sigma_1 \frac{P}{l} = 6,35; \Sigma_1 \nu = 31,24.$$

Коэффициент устойчивости мачты берем по формуле (17), а коэффициент  $\beta$  — из табл. 1 при  $n = 4$ :

$$\lambda = 0,283 \frac{31,24}{6,35} = 1,39.$$

Точное решение:  $\lambda = 1,38$ . Ошибка — 0,72%.

**Пример 3.** Стальная мачта имеет высоту 200 м и шесть пролетов по 33 м.

| Пролеты    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| $P, т$     | 205  | 184  | 159  | 128  | 98   | 58   |
| $\nu, т/м$ | 41,8 | 26,2 | 21,0 | 14,9 | 15,0 | 13,1 |

$$\lambda_0 = 0,265 \frac{33(41,8 + 26,2 + 21,0 + 14,9 + 15,0 + 13,1)}{205 + 184,0 + 159 + 128 + 98 + 58} = 1,39.$$

Точное решение — 1,28. Ошибка — 7,9%.

Точные решения получены путем нахождения минимального корня  $\Delta = 0$  системы уравнений равновесия.

Некоторое превышение коэффициента запаса по формуле (17) по сравнению с точным значением можно объяснить пониженной жесткостью средней опоры 4.

Коэффициент запаса устойчивости мачты следует принимать больше коэффициента запаса наименее устойчивого стержня по пролетам и больше коэффициента перегрузки. При этом надо помнить, что повышение продольной нагрузки является следствием увеличения поперечной, т. е. напряжения могут расти быстрее, несмотря на значительную постоянную составляющую в продольных силах, обусловленную весом конструкции и составляющими начального тяжения оттяжек.

Коэффициент устойчивости или расчетную длину стержня в пролете мачты можно определить приближенно, решая последовательно уравнения вида

$$\psi(I_1) + \frac{l_2 I_1}{l_1 I_2} \psi(I_2) = 0,$$

что нетрудно сделать, пользуясь таблицей С. П. Тимошенко<sup>1</sup>. При равных пролетах и размерах сечения мачты задача значительно упрощается, так как наименее устойчивым из стержней по пролетам будет нижний.

Идя в запас устойчивости, расчетную длину стержня при определении его гибкости можно принять равной длине пролета, т. е. расстоянию между опорами. Во всяком случае, расчетная длина наименее устойчивого стержня должна быть меньше, чем для стержня с шарнирным опиранием концов, раз коэффициент устойчивости мачты выше, чем для отдельного пролета, а этого надо требовать по условиям работы оттяжек.

Если коэффициент запаса устойчивости мачты как шарнирной цепи выше, чем максимальный коэффициент устойчивости стержня по пролетам, введение в расчет неразрезности должно повысить общую устойчивость системы.

При расчете жестких стержней, т. е. работающих выше предела пропорциональности, следует вводить модуль продольного изгиба.

Аналогичным путем можно исследовать устойчивость сжатых поясов открытых мостов и арок, но коэффициенты  $\beta'$  в выражении (17) надо принимать по формуле

$$\beta' = \frac{1}{2 \left( 1 + \cos \frac{\pi}{n} \right)},$$

которая получена, решая уравнения вида (14) в конечных разностях или непосредственно из таблицы у Бубнова.

<sup>1</sup> Б у б н о в, Строительная механика корабля.

<sup>1</sup> С. П. Тимошенко, Устойчивость упругих систем, 1946 г., стр. 19—24.

# Применение принципа возможных перемещений к построению планов скоростей и ускорений для механизмов III и IV классов по Ассур<sup>1</sup>

Канд. техн. наук **Б. М. АБРАМОВ**  
(Член Общества машиностроителей)

В 1914—1918 гг. Л. В. Ассуром в «Известиях С.-Петербургского политехнического института» была опубликована хорошо известная сейчас работа, посвященная классификации и исследованию плоских шарнирных механизмов. Предложенные Л. В. Ассуром методы исследования механизмов I и II классов являются весьма изящными и в настоящее время широко распространены; метод определения скоростей точек механизмов III класса весьма сложен; методов же исследования механизмов IV класса Ассуром предложено не было.

Последующие работы (Н. Е. Жуковского, Н. Г. Бруевича, И. И. Артоболевского) несколько восполнили этот пробел. Однако и они охватывали лишь механизмы III класса (кроме работы Н. Г. Бруевича), отличаясь сложностью предлагаемых методов.

Разработанная акад. Н. Г. Бруевичем теория применения векторных уравнений к кинематическому исследованию механизмов, принципиально пригодная для механизмов любой сложности, практически весьма трудоемка.

Ниже излагается разработанный нами графоаналитический метод кинематического исследования сложных механизмов III и IV классов.

## Механизмы III и IV классов по Ассур

Механизм III класса по Ассур характеризуется наличием в его составе группы с одним замкнутым контуром, обладающим подвижностью. На рис. 1 и 2 изображены две возможные группы III класса.

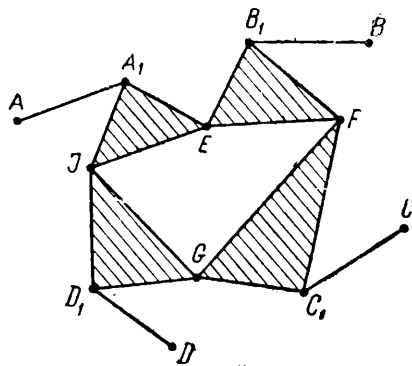


Рис. 1

В обоих примерах группа состоит из замкнутого подвижного шарнирного многоугольника, присоединяемого поводками к звеньям основного механизма.

В первом примере (рис. 1) каждое из звеньев замкнутого контура присоединяется одним поводком к основному механизму, во втором (рис. 2) имеются звенья, присоединяемые двумя поводками, но зато есть и не присоединенные к механизму звенья (EG и FI).

Общее число поводков в обоих примерах равняется числу звеньев замкнутого контура. Цепь (рис. 1) называют группой III класса с равномерным распределением поводков; на рис. 2 показана группа с неравномерным распределением по поводкам.

Механизмы IV класса по Ассур характеризуются наличием в их составе группы с двумя замкнутыми контурами, обладающими подвижностью. На рис. 3 и 4 изображены две возможные группы IV класса. Цепь, показанная на рис. 3, называется

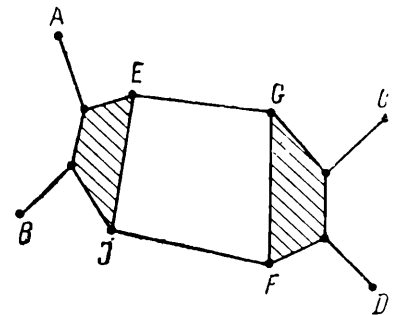


Рис. 2

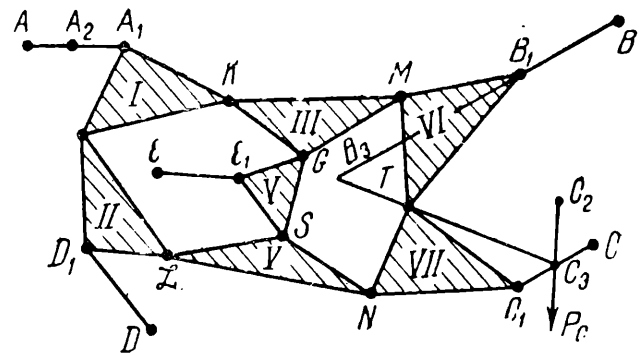


Рис. 3

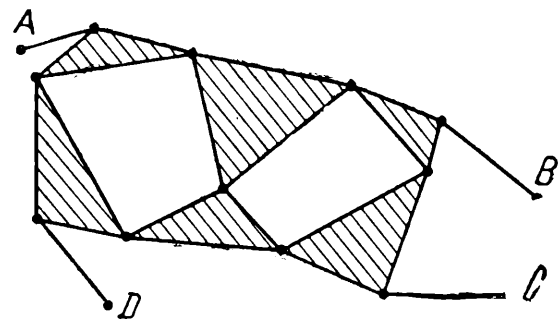


Рис. 4

цепью IV класса с диагональю, на рис. 4 — с замком.

**Построение плана скоростей для группы III класса с равномерным распределением поводков (рис. 5).**

Заданными величинами являются скорости точек A, B, C, D, т. е. точек прикрепления группы к основному механизму. Поскольку проекции скоростей

<sup>1</sup> Рекомендована Обществом машиностроителей.



двух точек твердого тела на линию, их соединяющую, равны, мы можем считать известными проекции скоростей точек  $A_1, B_1, C_1, D_1$  соответственно на направления  $A-A_1, B-B_1, C-C_1$  и  $D-D_1$ . Обозначим эти проекции через  $V_{A'}, V_{B'}, V_{C'}$  и  $V_{D'}$ .

Скорости точек замкнутого контура определяем, пользуясь принципом возможных перемещений. При-

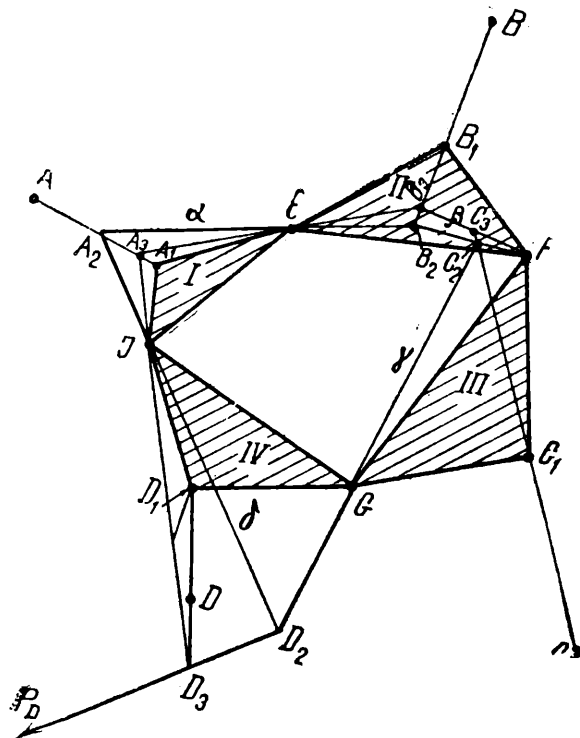


Рис. 5

кладываем к замкнутому контуру уравнивающую систему сил, подобранную следующим образом: произвольную (по величине) силу  $P_A$ , направленную по поводку  $A-A_1$ , прикладываем в точке  $A_1$  силы  $P_B$  и  $P_C$  (величины которых подлежат определению), направляем по поводкам  $B-B_1$  и  $C-C_1$  и прикладываем в точках  $B_1$  и  $C_1$  силу  $P_D$  (направление, величина и линия действия ее определяются), уравнивающую данную систему сил, прикладываем к звену IV<sup>1</sup>. Для определения усилия пользуемся силовым и веревочным многоугольниками.

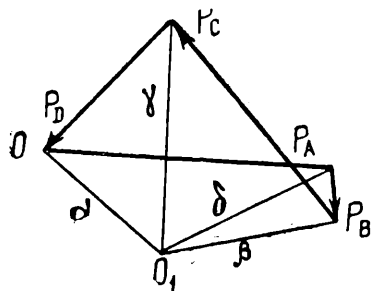


Рис. 6

Выбираем на направлении  $A-A_1$  произвольную точку  $A_2$  и проводим прямые  $A_2E, A_2B_2, A_2C_2, A_2D_2$  ( $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ ). Многоугольник  $A_2B_2C_2D_2$  — веревочный. Проводим затем из произвольного полюса  $O$  (рис. 6) силу  $P_A$ ; из начала и конца

этой силы проводим прямые, параллельные линиям  $\alpha$  и  $\delta$ . Пересечение их определяет точку  $O_1$ ; силу  $P_B$  определим, проведя из конца  $P_A$  линию, параллельную  $P_B$ , а из  $O_1$  — прямую, параллельную  $\beta$ . Для определения  $P_C$  проводим из конца  $P_B$  прямую, параллельную  $P_C$ , а из  $O_1$  — прямую, параллельную  $\gamma$ ; сила  $P_D$  является замыкающей стороной силового многоугольника.

Легко доказать, что построенная система сил действительно является уравнивающейся для исследуемой группы. Доказательство основывается на том, что при действии данной системы сил каждое из звеньев находится в равновесии.

Переносим, далее, найденную силу  $P_D$  в точку  $D_3$ , находящуюся в пересечении направления силы  $P_D$  с поводком  $D-D_1$  (проекция скорости точки  $D_3$  на направление  $D-D_1$  известна — она равна  $V_{D'}$ ) и составляет уравнение принципа возможных перемещений (приравняем сумму виртуальных мощностей построенной системы уравновешенных сил на действительных перемещениях нулю):

$$P_A \cdot V_{A'} + P_B \cdot V_{B'} + P_C \cdot V_{C'} + P_D' \cdot V_{D'} + P_D'' \cdot V_{D''} = 0, \quad (1)$$

где  $P_D'$  — проекция силы  $P_D$  на направление  $D-D_1$ ,  $P_D''$  — проекция силы  $P_D$  на направление, перпендикулярное  $D-D_1$ ,

$V_{D''}$  — проекция скорости точки  $D_3$  на направление, перпендикулярное  $D-D_1$ .

Из уравнения (1) определяем  $V_{D''}$ .

По известным проекциям  $V_{D'}$  и  $V_{D''}$  определяем скорость  $V_{D_3}$  точки  $D_3$ . По найденной скорости  $V_{D_3}$  определяем, пользуясь обычными графическими построениями, скорости остальных точек. Порядок их определения следующий:

$D_3-A_3-B_3-C_3-G-I-A_1-E-B_1-F-C_1$ .

Нетрудно обобщить изложенный метод на тот случай, когда некоторые из шарниров заменены поступательными парами. Так, на рис. 7 изображена группа III класса, один из поводков которой ( $A-A_1$ ) соединяется со звеном замкнутого контура ( $AEF$ ), а другой ( $D-D_1$ ) — со звеном I основного механизма поступательными парами.

Для того чтобы свести исследование подобной группы к ранее рассмотренному случаю, нужно определить на звеньях  $AEF$  и  $FID$  такие точки, проекции скоростей которых на какие-либо направления могут быть найдены.

Очевидно, такими являются: для звена  $AEF$  — точка  $A_2$  (положение которой совпадает с точкой  $A$ ); проекция скорости точки  $A_2$  на направление, перпендикулярное к оси поступательной пары, соединяющей звенья  $AEF$  и  $A-A_1$ , равна соответствующей проекции скорости точки  $A$ . Для звена  $FID$  — точка  $D_1$ , проекция скорости которой на направление перпендикулярное оси пары, соединяющей звенья

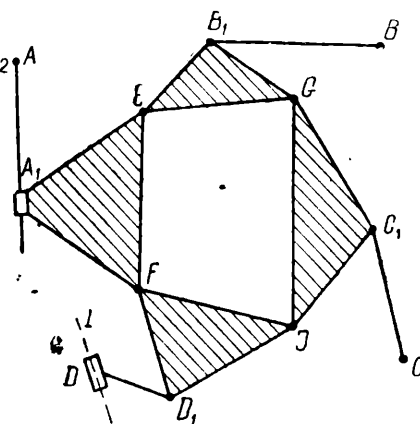


Рис. 7

<sup>1</sup> Замкнутый  $n$ -угольник имеет  $n$  степеней свободы; следовательно, при построении уравновешенной системы сил нужно иметь не менее  $n$  свободных силовых параметров. Таковыми являются  $(n-2)$  величин, приложенных в точках  $B, C \dots$  и три параметра, характеризующие величину, направление и линию действия одной силы; всего  $(n+1)$  величин. Одним параметром (как ниже будет показано) задаемся произвольно, остальные определяются однозначно.

$D \rightarrow D_1$  и  $I$ , равна проекции скорости совпадающей с ней точки звена  $I$ .

### Построение плана скоростей для группы IV класса с одной диагональю (рис. 3)

Заданными величинами являются скорости точек  $A, B, C, D, E$ . Следовательно, известны проекции скоростей точек  $A_1, B_1, C_1, D_1$  и  $E_1$  на направления поводков  $A-A_1, B-B_1$  и т. д.

Предварительно решим следующую задачу: к разомкнутому шарнирному многоугольнику (рис. 8) в точках  $K$  и  $L$  приложены заданные усилия  $P_K$  и  $P_L$ , требуется определить уравнивающие усилия  $P_E$ , направленные по прямой  $E-E_1$ ,  $P_M$  и  $P_N$ , приложенные в точках  $M$  и  $N$  (направление их — безразлично).

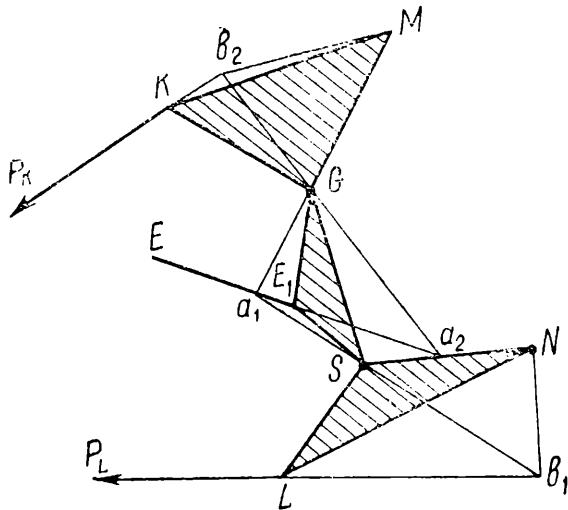


Рис. 8

При решении этой задачи применим принцип независимости действия сил. Откидываем сначала усилие  $P_K$ . В этом случае реакция в точке  $M$  ( $P_M$ ) будет направлена по прямой  $MGa$ , реакция в точке  $S$  — по прямой  $Sa_1$ , реакция в точке  $N$  ( $P_N'$ ) — по прямой  $Na_1$ . Определение искомого усилия не представляет затруднений. Откидываем затем усилие  $P_L$ . Реакция в точке  $N$  ( $P_N''$ ) будет направлена по прямой  $NSa_2$ , реакция в точке  $G$  — по прямой  $Ga_2$ , реакция в точке  $M$  ( $P_M''$ ) — по прямой  $Ma_2$ . Истинные реакции в точках  $M, N$  и  $E_1$  найдутся из выражений:  $P_M = P_M' + P_M''$ ;  $P_N = P_N' + P_N''$ ;  $P_E = P_E' + P_E''$ .

Перейдем теперь к решению поставленной задачи.

К произвольной точке поводка  $A-A_1$  ( $A_2$ ) прикладываем произвольное усилие  $P_A$ . Пользуясь методом силового и веревочного многоугольников, определяем усилие  $P_D$  (направленное по  $D-D_1$ ) и усилия в точках  $K$  и  $L$ . Далее, пользуясь изложенными построениями, определяем усилие  $P_E$ , направленное по  $E-E_1$ , и усилия, приложенные в точках  $M$  и  $N$  ( $P_M$  и  $P_N$ ). Рассматривая затем цепь  $M, B_1, T, C_1, N$ , определяем усилие  $P_B$ , направленное по поводку  $B-B_1$ , и усилие  $P_C$ , приложенное в некоторой точке ( $C_2$ ) звена VII. Перенеся, далее, усилие  $P_C$  в точку  $C_3$  (звена VII), для которой проекция скорости на направление  $C-C_1$  известна ( $V_C'$ ), и пользуясь принципом виртуальных мощностей:

$$P_A \cdot V_A' + P_D \cdot V_D' + P_E \cdot V_E' + P_B \cdot V_B' + P_C' \cdot V_C' + P_C'' \cdot V_C'' = 0, \quad (2)$$

где  $P_C'$  — проекция усилия  $P_C$  на направление  $C-C_1$ ,  $P_C''$  — проекция усилия  $P_C$  на направление, перпендикулярное  $C-C_1$ ,  $V_C''$  — проекция скорости точки  $C_3$  на направление, перпендикулярное  $C-C_1$ . Определяем  $V_C''$ .

Зная  $V_C'$  и  $V_C''$ , устанавливаем  $V_C$  — скорость точки  $C_3$ . Определив затем скорость точки  $B_3$  (звена VI), мы найдем проекции скоростей точек  $M$  и  $N$  на направления  $MB_3$  и  $NC_3$  и тем самым сведем решение нашей задачи к определению скоростей точек группы III класса с равномерным распределением поводков (для каждого из звеньев замкнутого контура, образованного звеньями I, II, III, IV, V, известна проекция скорости одной из точек на определенное направление).

### Определение ускорений группы III класса (рис. 10)

Ускорения точек  $A, B, C, D$  (точек прикрепления группы к основному механизму) известны.

Мы знаем также скорости всех точек группы. Следовательно, можно считать данными проекции ускорений точек  $A_1, B_1, C_1$  и  $D_1$  соответственно на направления  $A-A_1, B-B_1, C-C_1, D-D_1$  ( $W_A', W_B', W_C', W_D'$ )... (условие I).

Искомые ускорения точек группы  $A_1, E, I, B_1, F$ ... должны удовлетворять помимо условия I требованию, заключающемуся в том, что разность проекций ускорений двух точек, лежащих на одном звене на направление прямой, их соединяющей, должна равняться относительному нормальному ускорению ..... (условие II).

Истинное движение группы разбиваем на два движения:

**Первое движение:** скорости всех точек группы равны их действительным скоростям; проекции ускорений двух точек прикрепления замкнутого контура к поводкам ( $A_1$  и  $B_1$ ) на направления поводков ( $A-A_1$  и  $B-B_1$ ) равны заданным величинам ( $W_A', W_B'$ ); проекции ускорений этих точек на направления, перпендикулярные поводкам ( $W_A'', W_B''$ ), произвольны.

Для первого движения план ускорений строится без затруднений. Полученные проекции ускорений точек  $C_1$  и  $D_1$  на направления поводков ( $W_C^0$  и  $W_D^0$ ) в общем случае не будут равны их заданным величинам.

**Второе движение:** скорости всех точек группы равны нулю; проекции ускорений точек  $A_1, B_1, C_1, D_1$  на направления поводков равны разности их заданных значений и их величин в первом движении ( $W_A'' = 0, W_B'' = 0, W_C'' = W_C' - W_C^0, W_D'' = W_D' - W_D^0$ ).

Построение плана ускорений для второго движения производится аналогично построению плана скоростей.

Действительные ускорения точек группы равны геометрическим суммам соответствующих ускорений в первом и во втором движении. Доказательство следует хотя бы из того, что при этом выполняются условия I и II, наложенные на ускорения точек группы.

Изложенный метод легко обобщается на цепи IV класса.

# Контактная сушка тонких материалов на горячей поверхности

Канд. техн. наук М. И. МАКОВОЗОВ

(Член Общества текстильщиков)

**П**ринципиальное отличие контактной сушки тонких материалов (текстиль, бумага и пр.) на сушильных барабанах от сушки другими методами заключается прежде всего в том, что она происходит за счет теплоты пара, обогревающего полость барабана и являющегося в данном случае теплоносителем. Теплота конденсируемого пара передается через металлическую поверхность наружу. Материал при своем продвижении от места заправки на барабаны до выхода с противоположного конца установки соприкасается с горячей поверхностью барабана и воспринимает от нее часть теплоты, расходуемой затем, главным образом, на испарение влаги.

Вследствие интенсивного нагрева поверхности барабана температура контактного материала довольно высока и приближается к точке кипения при барометрическом давлении окружающего воздуха. При высокой же температуре увеличивается экономичность сушки, значительно сокращается ее длительность, так как происходит большее испарение влаги материала вследствие повышения коэффициента внутренней диффузии  $D$ .

В данном случае эта температура значительно превышает температуру окружающего воздуха. Параметры же этого воздуха ( $\varphi$  и  $t_a$ ), как показало исследование, практически почти не влияют на тепловое состояние материала, а следовательно и на процесс удаления из него влаги. Роль воздуха сводится, главным образом, к поглощению испаренной влаги для уноса ее из ограждения сушильной установки.

Так как материал имеет более высокую температуру, чем окружающий воздух, испаренная влага, растворяясь в воздухе, нагревает его. Это происходит не только в результате конвективного теплообмена воздуха с поверхностью материала и цилиндров, но и путем его теплообмена с поверхностями ограждения установки, нагреваемыми лучеиспусканием. Части горячей поверхности барабана, свободные от материала, имеют непосредственный контакт с окружающим воздухом. В них, а также и в тех частях, которые временами перестают соприкасаться с материалом, аккумулируется тепло. Это проявляется в том, что повышается температура свободных горячих поверхностей. Если бы довольно продолжительное время тепло не отводилось бы от них через материал омывающим воздухом и лучеиспусканием, то температура аккумулирующих поверхностей приближалась бы к температуре теплоносителя. Однако избыток аккумулированного тепла расходуется на нагрев стен ограждения и окружающего воздуха, способствуя уничтожению тумана и капли в рабочем помещении.

При сушке тонких материалов на барабанах происходит одностороннее нагревание материала

при его контакте с горячей поверхностью и испарение влаги с противоположной, свободной поверхности.

В этом случае процесс состоит из двух периодов: а) постоянной и б) падающей скорости сушки.

Во время первого периода, когда происходит максимальное испарение влаги, парообразование вызывает охлаждение материала. Поэтому при непрерывном потоке тепла от теплоносителя (пара) через металлическую стенку к поверхности материала в результате двух взаимно обратных явлений (нагрева с одной стороны и охлаждения с другой) температура материала в течение всего периода теплового равновесия (первый период) держится постоянной, независимо от параметров окружающего воздуха.

Знание истинной температуры на поверхности испарения несомненно представляет большой теоретический и практический интерес, так как от нее зависит скорость и длительность сушки, т. е. основные вопросы при проектировании сушильных установок.

Весьма трудно практически замерить температуру в пленке на поверхности зеркала испарения. Ее можно, однако, определить графоаналитическим способом из уравнения равновесия, составленного для процесса контактной сушки.

Для тепла, переходящего от теплоносителя (пара) через поверхность нагрева и слой влажного материала к свободной его поверхности, можно установить следующую зависимость:

$$Q = K(t_{\text{пар}} - t_n), \quad (1)$$

где:  $K$  — коэффициент теплопередачи, учитывающий все сопротивление теплопереходу от теплоносителя к свободной поверхности,  $\text{ккал/м}^2/\text{час}^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{пар}}$  — температура теплоносителя (пара),  $^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  — температура в пленке на поверхности испарения.

Главная и значительная часть этого тепла расходуется на испарение влаги. При установившемся равновесном состоянии она составляет:

$$Q_1 = G_1 \cdot r_n, \quad (2)$$

где  $G_1$  — средняя скорость испарения в первом периоде;

$r_n$  — скрытая теплота парообразования при температуре в пленке на поверхности испарения.

Переход тепла от поверхности испарения в окружающий воздух происходит лучеиспусканием и конвективным путем. Поэтому действительный коэффициент теплоотдачи от поверхности испарения к воздуху должен быть равен:

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_1 \quad (3)$$

где  $\alpha_0$  — коэффициент теплоотдачи в процессах теплопередачи, связанных с испарением. Его можно рассматривать как обычный коэффициент теплоотдачи от воздуха к сухим поверхностям путем конвекции ( $\alpha_k$ ) с внесением поправки на изменение влагосодержания воздуха.

Связь между  $\alpha_0$  и  $\alpha_k$  с поправкой на испарение может быть выражена через

$$\alpha_0 = \frac{\alpha_k}{1 + \frac{d_{cp}}{1000} \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2/\text{час}^\circ\text{C}}}, \quad (4)$$

где  $d_{cp} = \frac{d_n + d_a}{2}$  — среднее влагосодержание воздуха;

$d_n$  — влагосодержание у поверхности испарения;  
 $d_a$  — влагосодержание окружающего воздуха.

На основании теории подобия коэффициент  $\alpha_0$  может быть подсчитан по формуле:

$$\alpha_0 = \frac{1,35(1 - 0,07 \frac{t_{cp}}{100})^3 \sqrt{\frac{\Delta \gamma}{\gamma_n} \cdot 300}}{1 + \frac{d_{cp}}{1000}} \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2/\text{час}^\circ\text{C}}, \quad (5)$$

где  $t_{cp} = \frac{t_n + t_a}{2}$  — средняя температура между

температурами поверхности испарения и воздуха;

$\Delta \gamma = \gamma_a - \gamma_n$  — разность между удельным весом окружающего воздуха при температуре  $t_a$ , соответствующей показаниям сухого термометра психрометра, и удельным весом воздуха у поверхности испарения при температуре в пленке на этой поверхности испарения.

Коэффициент  $\alpha_n$  характеризует перенос тепла лучеиспусканием. Величина его зависит, главным образом, от разности температур лучеиспускающей поверхности ( $T_n$ ) и окружающего воздуха ( $T_a$ ) и определяется по формуле:

$$\alpha_n = \frac{C_{1-2} \left[ \left( \frac{T_n}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_a}{100} \right)^4 \right]}{t_n - t_a} \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2/\text{час}^\circ\text{C}}. \quad (6)$$

Коэффициент излучения  $C_{1-2}$  зависит от излучения тел, участвующих в теплообмене, и определяется опытным путем. Для хлопчатобумажных тканей, например (без учета их сорта и цвета), по данным Яблонского и Щумилова  $C_{1-2} = 3,55$ . Численное соотношение  $\frac{\alpha_n}{\alpha_0}$  в зависимости от условий колеблется в пределах от 1,5 до 2.

Таким образом, количество тепла, передаваемого воздуху на его нагревание, при теплообмене конвекцией и лучеиспусканием должно равняться:

$$Q_2 = \alpha (t_n - t_a). \quad (7)$$

Уравнение равновесия при одностороннем нагревании материала может быть выражено зависимостью:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (8)$$

или

$$K(t_{нар} - t_n) - \alpha(t_n - t_a) = G_1 \cdot r_n. \quad (9)$$

Здесь  $G_1 = \beta \cdot \frac{\Delta d_{cp}}{1000} \text{ кг/м}^2/\text{час}$  — средняя скорость испарения, равная произведению коэффициента скорости испарения  $\beta$  в  $\text{г/м}^2/\text{час}$ ,  $1\Delta d_{cp}$ , отнесенного

к средней разности влагосодержаний, равной  $\Delta d_{cp} = d_n - d_a$ .

На основании подобия явлений теплопередачи и испарения и вытекающего отсюда закона Льюиса коэффициент скорости испарения  $\beta$  связан с коэффициентом теплоотдачи от поверхности испарения к воздуху соотношением:

$$\beta = \frac{\alpha_0}{C_{cm}},$$

где  $C_{cm}$  — теплоемкость влажного воздуха в  $\text{ккал/кг}^\circ\text{C}$ , соответствующая его температуре и влагосодержанию.

Как показали работы Нуссельта, Аккермана и др., закон Льюиса является частным случаем более общего соотношения и действителен, главным образом, для испарения воды в воздух. Конечно, соотношение Льюиса не может быть положено в основу, когда имеется источник тепла в виде горячей контактной поверхности.

Для процесса контактной сушки должно быть свое, особое уравнение (9) теплового равновесия.

Закон Льюиса учитывает, главным образом, молекулярную диффузию. При конвекции этот закон неточен, так как тогда перестает существовать подобие диффузии и теплообмена, и, как доказывает проф. Лыков, соотношение Льюиса не может быть справедливым в условиях воздушной сушки. Однако при контактной сушке тонких материалов, когда имеется источник тепла в виде горячей поверхности, выполняющей в сущности роль утюга, когда мы можем управлять процессом, конвекция, очевидно, не является преобладающим фактором. Допуская указанную неточность закона Льюиса, его можно использовать в дальнейшем лишь для того, чтобы избежать применения коэффициента скорости испарения  $\beta$ , выразив последний через коэффициент теплоперевода  $\alpha_0$ .

Поскольку обстановка опытов для определения  $\beta$  (Himus, Hinchley, Hin, Carrier, Tiesenhausen) точно не известна, мы не можем определить критерии и толщину пограничного слоя. Отсюда неизбежен произвол в выборе  $\beta$  по данным этих исследователей. Аналогичные доводы приводятся д-ром техн. наук, проф. М. Ю. Лурье (Сушильное дело, изд. 1938, стр. 119). Поэтому целесообразнее будет определить  $\beta$  через  $\alpha_0$ , поскольку коэффициент теплоотдачи подвергался всесторонним и многочисленным исследованиям. При таком, более правильном, подходе решение уравнения равновесия (9) относительно интересующей нас температуры ( $t_n$ ) в пленке на поверхности испарения после подстановки в него соответствующих параметров и некоторых преобразований дает возможность выразить эту температуру уравнением:

$$t_n = \frac{t_{нар} + \frac{\alpha}{K} \cdot t_a - \frac{\beta \cdot r_n}{K} \left( \frac{d_n - d_a}{1000} \right)}{\frac{K + \alpha}{K}}.$$

Здесь знаменатель  $\frac{K + \alpha}{K}$  практически при  $K = 300 \div 700$  и  $\alpha \approx 9$  мало отличается от единицы.

Заменяя  $\beta$  через  $\frac{\alpha_0}{C_{cm}}$ , окончательно имеем:

$$t_n = t_{нар} - \frac{\alpha_0}{K} \left[ \frac{r_n(d_n - d_a)}{C_{cm} 1000} - \left( 1 + \frac{\alpha_n}{\alpha_0} \right) \cdot t_a \right]^\circ\text{C}. \quad (10)$$

В правую часть уравнения входят: скрытая теплота парообразования  $r_n$ , влагосодержание воздуха  $d_n$ . У поверхности испарения и коэффициенты  $\alpha_0$  и  $\alpha_n$ , соответствующие искомой температуре  $t_n$ .

В таком виде решить уравнение (10) невозможно. Поэтому искомую температуру приходится определять путем пробных подстановок, задаваясь некоторым значением температуры  $t_n$  и вычисляя все зависящие от нее величины, необходимые для подстановки их в уравнение (10). Такой подход приводит к графоаналитическому методу определения искомой температуры на основе следующих соображений.

При испарении влаги с поверхности открытого сосуда или с открытой (обращенной к воздуху) поверхности влажного материала, когда из него удаляется свободная влага, давление пара в слое, непосредственно прилегающем к этой поверхности, должно быть максимальным и равным давлению насыщенного пара при температуре поверхности испарения  $t_n$ . Относительная влажность  $\varphi$  воздуха в этом слое составляет 100%. Влагосодержание воздуха ( $d_n$ ) при 100%-ном его насыщении должно быть также максимальным.

В свою очередь эта же температура  $t_n$  в пленке на поверхности испарения при всех прочих одинаковых условиях будет зависеть от температуры теплоносителя  $t_{\text{пар}}$ , от которого тепло передается через разделительную, горячую металлическую стенку контактным путем к свободной поверхности испарения.

Таким образом, истинная искомая температура  $t_n$  в пленке на поверхности испарения является, с одной стороны, функцией 100%-ной относительной влажности граничного слоя воздуха и соответствующего данному состоянию воздуха максимального его влагосодержания, т. е.

$$t_n = f_1 (\varphi = 100\%; d_n).$$

С другой стороны, эта температура является функцией температуры теплоносителя, т. е.

$$t_n = f_2 (t_{\text{пар}}).$$

В последнем случае вид функции соответствует уравнению (10).

При построении двух кривых этих функций и при совмещении их в одном графике искомая истинная температура  $t_n$  в пленке на поверхности испарения, очевидно, является в обоих функциях ( $f_1$  и  $f_2$ ) функцией влагосодержания  $d_n$  и определится точкой А пересечения кривых (рис. 1).

Метод определения истинной температуры испарения заключается в следующем.

Строится теоретическая кривая:  $t_n = f_1 (\varphi = 100\%; d_n)$ , для чего в масштабе по оси абсцисс откладываются температуры, а по оси ординат — соответствующие им влагосодержания воздуха при 100%-ном его насыщении. При соединении соответствующих точек получается кривая указанной функции, хорошо известная по  $I-d$  диаграмме для влажного воздуха. Построение расчетной кривой  $t_n = f_2 (t_{\text{пар}})$  производится так.

При выбранных значениях коэффициента теплопередачи  $K$  температуры теплоносителя  $t_{\text{пар}}$  и состояния окружающего воздуха  $t_a$  и  $\varphi$ , необходимо задаться температурой  $t_n$  на поверхности испарения. Путем подстановки соответствующих величин

в расчетное уравнение (10) мы определяем расчетную температуру. Например, при  $K = 400$ ,  $t_{\text{пар}} = 120^\circ\text{C}$ ,  $t_a = 60^\circ\text{C}$  и  $\varphi_a = 60\%$  при заданных температурах поверхности испарения  $t_n$ , равных:  $95^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $85^\circ$  и  $80^\circ$  расчетные температуры из уравнения (10) получают соответственно значения:  $79,35^\circ$ ,  $96,55^\circ$ ,  $106^\circ$  и  $111,55^\circ\text{C}$ .

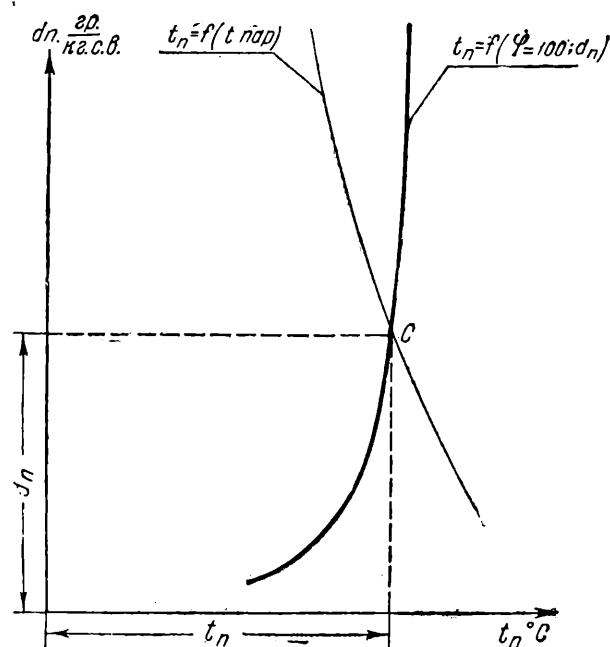


Рис. 1

Откладывая на графике теоретической кривой по оси абсцисс значения расчетных температур, а по оси ординат — влагосодержания воздуха при 100%-ном насыщении, при которых данные расчетные температуры получены, получаем серию точек. Соединение точек дает вторую расчетную кривую  $t_n = f_2 (t_{\text{пар}})$ .

Точка пересечения этих кривых и определяет истинную температуру в пленке на поверхности испарения. Для приведенного примера  $t_n$  равна  $92^\circ\text{C}$ .

Аналогичным образом производятся расчеты при других значениях температуры теплоносителя, а также при различных значениях коэффициента теплопередачи. В результате получается семейство кривых (рис. 2).

Результаты исследования истинной температуры испарения при различных условиях сушки приводятся в сводной табл. 1. На рис. 3 представлена графически зависимость этой температуры от коэффициента теплопередачи  $K$  и температуры теплоносителя  $t_{\text{пар}}$ . Она выражается вполне доступной расчетной формулой:

$$t_n = 60,4 + 0,019 \cdot K + 0,2 \cdot t_{\text{пар}}. \quad (11)$$

Практически же эта температура приближается к точке кипения воды при данном барометрическом давлении.

Это положение определяет скорость или съем влаги с  $1 \text{ м}^2$  поверхности испарения.

Для суждения о характере процесса сушки тонких материалов на рис. 3а приведена опытная кривая скорости сушки сатина на 18-цилиндровых сушильных барабанах при давлении пара  $1,5 \text{ ат}$  по манометру.

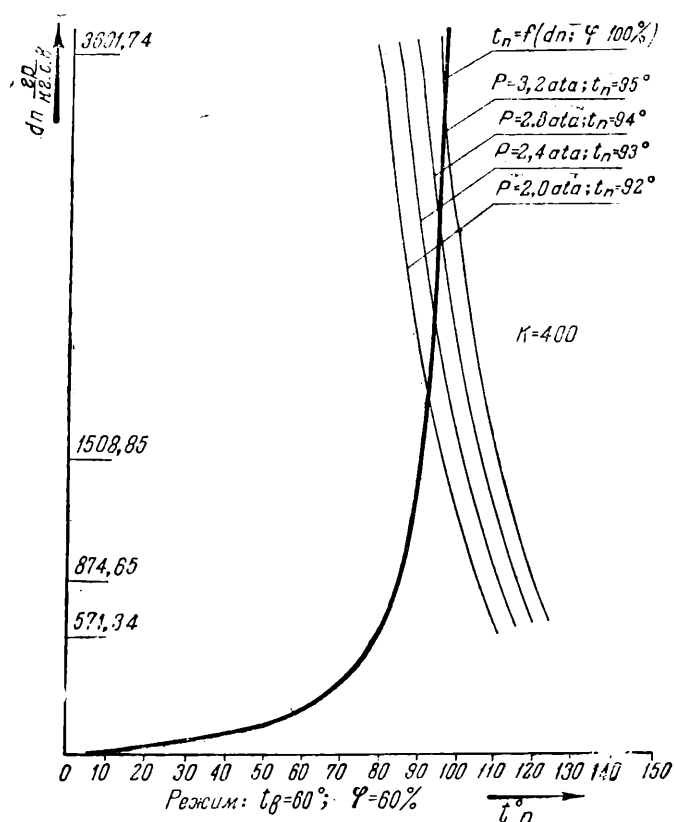


Рис. 2

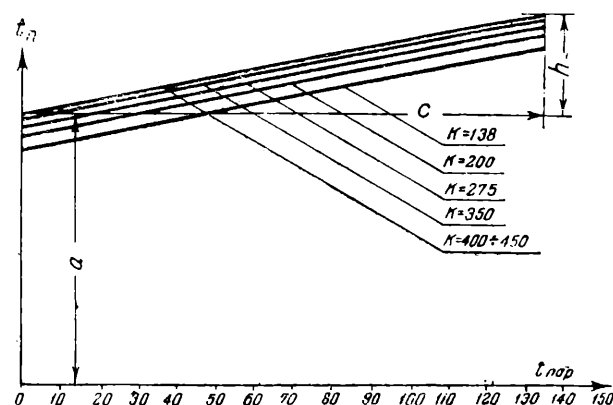


Рис. 3

Тонкие и плоские материалы характеризуются незначительным сопротивлением внутренней диффузии  $\frac{x}{D}$ , и при больших начальных влажностях продвижение влаги в период постоянной скорости происходит очень быстро и легко. Дальнейшее ее испарение протекает подобно испарению воды с поверхности открытого сосуда. Поэтому продолжительность сушильного процесса в значительной мере зависит от скорости сушки во втором периоде.

Таблица 1

Истинные значения температуры  $t_n$  в зависимости от температуры пара  $t_{пар}$  и при  $K = \text{Variable}$  и при разных режимах воздуха

| K = 133       |                                   |                                   |                                   |                     | K = 200                           |                                   |                                   |                     |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Давление пара | $\varphi = 60$<br>$t_\theta = 60$ | $\varphi = 50$<br>$t_\theta = 60$ | $\varphi = 40$<br>$t_\theta = 70$ | Средняя температура | $\varphi = 60$<br>$t_\theta = 60$ | $\varphi = 50$<br>$t_\theta = 60$ | $\varphi = 40$<br>$t_\theta = 70$ | Средняя температура |
| Pata          | $t_n$                             | $t_n$                             | $t_n$                             | $t_{cp}$            | $t_n$                             | $t_n$                             | $t_n$                             | $t_{cp}$            |
| 2,0           | 84,5                              | 83,5                              | 85,0                              | 84,3                | 86,5                              | 85,5                              | 87,7                              | 86,9                |
| 2,4           | 85,8                              | 84,7                              | 86,1                              | 85,3                | 87,7                              | 87,5                              | 89,0                              | 88,1                |
| 2,8           | 86,8                              | 85,7                              | 86,8                              | 86,4                | 88,5                              | 88,5                              | 89,7                              | 88,9                |
| 3,2           | 88,8                              | 86,7                              | 87,8                              | 87,7                | 89,5                              | 89,5                              | 90,5                              | 89,8                |
| K = 275       |                                   |                                   |                                   |                     | K = 350                           |                                   |                                   |                     |
| 2,0           | 89,0                              | 89,0                              | 89,5                              | 89,2                | 91                                | 91                                | 91                                | 91                  |
| 2,4           | 90,2                              | 90,2                              | 90,8                              | 90,4                | 92                                | 92                                | 92                                | 92                  |
| 2,8           | 91,2                              | 91,2                              | 91,4                              | 91,2                | 93                                | 93                                | 93                                | 93                  |
| 3,2           | 92,2                              | 92,2                              | 92,2                              | 92,2                | 94                                | 94                                | 94                                | 94                  |
| K = 400       |                                   |                                   |                                   |                     | K = 425                           |                                   |                                   |                     |
| 2,0           | 92                                | 92                                | 92                                | 92                  | 92                                | 92                                | 92,5                              | 92,2                |
| 2,4           | 93                                | 93                                | 93                                | 93                  | 93                                | 93                                | 93,8                              | 93,3                |
| 2,8           | 94                                | 94                                | 94                                | 94                  | 94                                | 94                                | 94,6                              | 94,7                |
| 3,2           | 95                                | 95                                | 95                                | 95                  | 95                                | 95                                | 95,3                              | 95,2                |
| K = 450       |                                   |                                   |                                   |                     |                                   |                                   |                                   |                     |
| 2,0           | 92                                | 92                                | 92,5                              | 92,2                |                                   |                                   |                                   |                     |
| 2,4           | 93                                | 93                                | 93,8                              | 93,3                |                                   |                                   |                                   |                     |
| 2,8           | 94                                | 94,5                              | 95                                | 94,3                |                                   |                                   |                                   |                     |
| 3,2           | 95,5                              | 95,5                              | 95,5                              | 95,5                |                                   |                                   |                                   |                     |

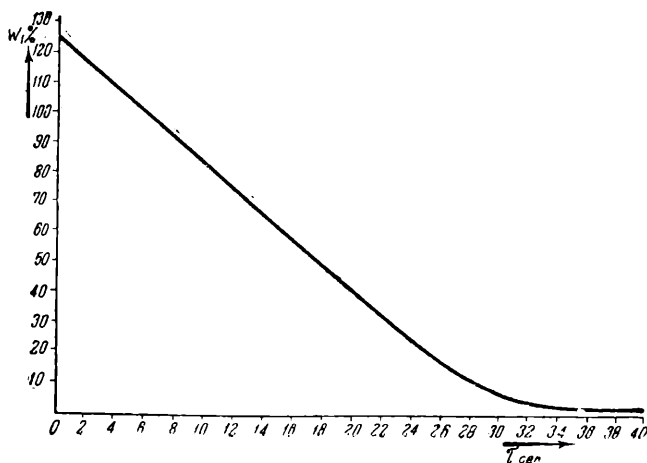


Рис. 3а

Во втором периоде даже при пересушке (при  $W_2 = 1,5\%$ ) количество удаляемой влаги незначительно и составляет около 20% от всей удаляемой влаги. Поэтому средняя скорость сушки тонких материалов за весь процесс, даже при средних начальных влажностях, незначительно отличается от скорости сушки в первом периоде.

Необходимо отметить, что во втором периоде скорость сушки определяется не только теплоотдачей. Частицы жидкости в нижних слоях, особенно в слое, непосредственно прилегающем к контактной горячей поверхности, находятся в несколько перегретом состоянии, отчего развивается некоторое давление, большее, чем на свободной, обращенной к воздуху поверхности. Наличием разностей температур и давлений по глубине слоя обуславливается увеличение внутренней диффузии влаги. Продвигаясь к свободной поверхности, более нагретые частицы влаги, попадая в слой меньшего давления, постепенно отдают избыток заключенного в них тепла на испарение в пленке у поверхности. Это вызывает обратное явление — охлаждение влаги и понижение температуры в направлении снизу вверх, и на поверхности испарения в граничной пленке уже устанавливается температура, приближающаяся к точке кипения при данном барометрическом давлении окружающего воздуха. Увеличение сопротивления теплопроводности материала и уменьшение влагопроводности во втором периоде компенсируется в известной мере термодиффузией, имеющей место в связи с наличием температурного градиента. В условиях контактной сушки тонких материалов эта компенсация настолько эффективна, что средняя скорость сушки за весь период весьма незначительно отличается от постоянной скорости в первом периоде. Таким образом можно принять, что в контактной сушке тонких материалов превалирует первый период.

Исследование этой скорости  $G_1$  по уравнению теплового равновесия:

$$G_1 = \frac{K(t_{\text{пар}} - t_n) - \alpha(t_n - t_s)}{r_n} \text{ кг/м}^2\text{час.} \quad (12)$$

При самых разнообразных условиях, а именно: разных значениях  $K$ , температурах теплоносителя  $t_{\text{пар}}$ , режимах ( $\varphi_s$  и  $t_s$ ) воздуха в ограждении барабанов, — скорость сушки  $G_1$  в первом периоде, как и температура поверхности испарения  $t_n$ , от состояния окружающего воздуха практически не

зависят. Графическая интерпретация зависимости данной скорости от температуры  $t_{\text{пар}}$  и  $K$  представлена на рис. 4. Зависимость эта прямолинейна и, кроме того, прямо пропорциональна коэффициенту теплопередачи  $K$ . Она может быть выражена формулой:

$$G_1 = 0,0458 \cdot K + 0,65 \cdot t_{\text{пар}} - 76 \text{ кг/м}^2\text{час.} \quad (13)$$

(для первого периода)

Более же точные результаты получаются из аналитически выведенной формулы, хорошо подтверждаемой данными обработанных опытов такого вида:

$$G_1 = \frac{K}{544,6} (0,8 t_{\text{пар}} - 0,019 K - 60,4) - 0,45 \text{ кг/м}^2\text{час.} \quad (14)$$

Коэффициент теплопередачи  $K$  можно с достаточным приближением определить из опытных данных по средней температуре материала  $t_{\text{ср}}$ , т. е. по средне-

невзвешенной между  $t_n$  и  $\frac{t_n + t_{\text{пар}}}{2}$ , и по средней скорости сушки за весь период  $G_2$  из уравнения:

$$G_2 \cdot (i_{\text{ср}} - t_{\text{ср}}) = K(t_{\text{пар}} - t_{\text{ср}}).$$

При наличии периода падающей скорости сушки удельная производительность сушильных бараба-

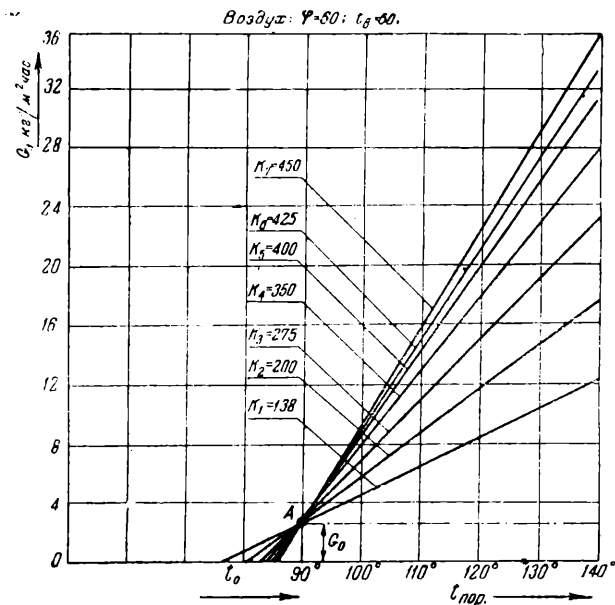


Рис. 4

нов, или средняя скорость сушки за полный период, выражается через коэффициент замедления сушки  $B$  экспериментальной формулой:

$$G_2 = \frac{G_1}{1+B} \text{ кг/м}^2\text{час.} \quad (15)$$

Обработкой опытных данных установлена зависимость коэффициента замедления сушки от конечной влажности материала  $W_2$  в виде экспериментальной формулы:

$$B = \frac{0,65}{W_2^{0,8}}. \quad (16)$$

Коэффициент замедления  $B$  зависит, главным образом, от конечной влажности  $W_2$  или глубины сушки. Значения  $B$ , подсчитанные из опытных данных, показали, что замедление начинается в критической точке при влажности  $W_2 \approx 34\%$  ( $B=0$ ).

Таблица 2

## Результаты обработки опытов ИВНИТИ

| № опыта | Число барабанов | Скорость хода $V$ м/мин | $W_1\%$ | $W_2$ | Время сушки $t$ сек. | Испарено влаги $W$ кг/час | Рабочая поверхность $F_p$ м <sup>2</sup> | $t_n$ | $t_{cp}$ | $K \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot ^\circ\text{C}}$ | $G_2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}}$ | $G_1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}}$ | $B$  |
|---------|-----------------|-------------------------|---------|-------|----------------------|---------------------------|------------------------------------------|-------|----------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|
| 1       | 24              | 60                      | 100,5   | 3,6   | 30,6                 | 660                       | 26,7                                     | 92    | 100      | 370                                                                      | 18,0                                                | 22,1                                                | 0,17 |
| 4       | 23              | 52,3                    | 100     | 2,74  | 34,2                 | 586                       | 35,76                                    | 91    | 99,5     | 350                                                                      | 16,3                                                | 20,7                                                | 0,28 |
| 5       | 23              | 45,7                    | 102,5   | 1,34  | 39                   | 520                       | 35,6                                     | 91    | 99,5     | 366                                                                      | 14,5                                                | 21,3                                                | 0,52 |
| 8       | 22              | 58,2                    | 103     | 5,3   | 29,2                 | 618                       | 34,0                                     | 92    | 100      | 370                                                                      | 18,4                                                | 22,1                                                | 0,19 |
| 6       | 23              | 36,2                    | 102,5   | 0,95  | 49,3                 | 420                       | 35,6                                     | 90    | 99       | 315                                                                      | 11,8                                                | 18,5                                                | 0,6  |
| 7       | 23              | 32                      | 108     | 0,81  | 55,6                 | 362                       | 35,6                                     | 90    | 99       | 315                                                                      | 10,1                                                | 18,5                                                | 0,8  |
| 10      | 22              | 42                      | 99,5    | 1,2   | 40,5                 | 470                       | 34,0                                     | 91    | 99,5     | 350                                                                      | 13,8                                                | 20,7                                                | 0,5  |
| 14      | 21              | 56                      | 103     | 5,55  | 29                   | 610                       | 32,48                                    | 92    | 100      | 400                                                                      | 19,2                                                | 22,5                                                | 0,17 |
| 21      | 20              | 53,8                    | 96      | 1,17  | 28,7                 | 580                       | 30,8                                     | 93    | 101      | 500                                                                      | 18,8                                                | 26,6                                                | 0,42 |
| 22      | 20              | 51,5                    | 96      | 1,7   | 30                   | 546                       | 30,8                                     | 93    | 101      | 500                                                                      | 17,8                                                | 26,6                                                | 0,48 |
| 26      | 19              | 59                      | 95      | 4,95  | 24,8                 | 600                       | 29,25                                    | 92    | 100      | 450                                                                      | 20,5                                                | 23,8                                                | 0,16 |
| 27      | 19              | 44,5                    | 95,3    | 1,48  | 32,8                 | 470                       | 29,2                                     | 91    | 99,5     | 355                                                                      | 16,1                                                | 21                                                  | 0,30 |
| 28      | 19              | 63                      | 95,5    | 8,2   | 23,2                 | 620                       | 29,2                                     | 92    | 100      | 470                                                                      | 21,2                                                | 25,4                                                | 0,15 |
| 29      | 19              | 53                      | 96,7    | 3,9   | 27,6                 | 550                       | 29,2                                     | 90    | 99       | 332                                                                      | 15,18                                               | 19,3                                                | 0,20 |
| 31      | 18              | 72,8                    | 96,2    | 10,6  | 19                   | 700                       | 27,7                                     | 93    | 101      | 580                                                                      | 25,27                                               | 29,2                                                | 0,15 |
| 33      | 18              | 69,9                    | 96,1    | 9,45  | 19,8                 | 684                       | 27,7                                     | 93    | 101      | 555                                                                      | 24,7                                                | 28,6                                                | 0,12 |
| 32      | 18              | 54                      | 94,5    | 3,42  | 25,6                 | 554                       | 27,7                                     | 93    | 101      | 460                                                                      | 20                                                  | 24,6                                                | 0,23 |
| 30      | 18              | 70                      | 96,3    | 15,0  | 19,8                 | 660                       | 27,7                                     | 93    | 101      | 530                                                                      | 23,8                                                | 27,8                                                | 0,11 |
| 34      | 17              | 70,8                    | 96,3    | 12,7  | 18,4                 | 674                       | 26                                       | 93    | 101      | 600                                                                      | 25,92                                               | 29,7                                                | 0,14 |
| 35      | 17              | 53,5                    | 95      | 2,68  | 24,3                 | 554                       | 26                                       | 93    | 101      | 500                                                                      | 21,3                                                | 26,6                                                | 0,26 |
| 36      | 16              | 73,5                    | 95      | 19,4  | 16,8                 | 604                       | 24,7                                     | 92    | 100      | 550                                                                      | 24,45                                               | 28,6                                                | 0,17 |
| 37      | 16              | 73,4                    | 96      | 20,6  | 16,8                 | 592                       | 24,7                                     | 92    | 100      | 540                                                                      | 24,2                                                | 27,9                                                | 0,11 |
| 38      | 16              | 50,7                    | 95      | 4,83  | 24,4                 | 518                       | 24,7                                     | 92    | 100      | 470                                                                      | 21                                                  | 25,4                                                | 0,20 |
| 39      | 15              | 69,8                    | 95      | 15,8  | 16,9                 | 628                       | 23,6                                     | 93    | 101      | 600                                                                      | 26,6                                                | 29,7                                                | 0,11 |
| 40      | 15              | 49,7                    | 94      | 5,5   | 23,7                 | 498                       | 23,6                                     | 91    | 99,5     | 438                                                                      | 21,1                                                | 24,5                                                | 0,16 |
| 41      | 15              | 60,7                    | 94,3    | 5,1   | 19,4                 | 612                       | 23,6                                     | 93    | 101      | 600                                                                      | 25                                                  | 29,7                                                | 0,15 |
| 42      | 15              | 70,8                    | 94,1    | 11,4  | 16,7                 | 678                       | 23,6                                     | 93    | 101      | 645                                                                      | 28,5                                                | 31,1                                                | 0,09 |
| 43      | 15              | 82,2                    | 95,3    | 15,2  | 14,3                 | 752                       | 23,6                                     | 94    | 101,7    | 735                                                                      | 31,85                                               | 34,0                                                | 0,09 |

Далее коэффициент замедления увеличивается до  $\sim 0,40$  при  $W_2 = 1,7\%$ . Начальная же влажность незначительно влияет на величину  $B$ .

В табл. 2 приведены наиболее характерные значения  $B$ , полученные опытами ИВНИТИ.

Величина коэффициента  $B$ , определенная из формулы (15), позволяет быстро установить по формуле (14) среднюю скорость за весь период и облегчает уточнить длительность сушки в зависимости от веса абсолютно сухого материала  $G_{с.м.}$  и пределов сушки по влажности  $(W_1 - W_2)\%$ , а именно:

$$\tau = \frac{G_{с.м.} (W_1 - W_2)}{100 \cdot G_2} \text{ час}; \quad (17)$$

Время сушки  $\tau$  позволяет установить: а) производительность по длине товара  $l$  м/час; б) емкость сушильных барабанов  $L$  м; в) число цилиндров  $n$ :

$$l = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot n \cdot \varphi_0}{\tau} \text{ м/час} \quad (18)$$

$$L = l \cdot \tau \text{ м}; \quad (19)$$

$$n = \frac{l \cdot \tau}{\pi \cdot D_0 \cdot \varphi_0}, \quad (20)$$

где  $D_0$  — диаметр цилиндра;  $\varphi_0$  — коэффициент охвата барабана материалом  $0,70 \div 0,75$ .

Произведенное унифицированное исследование тонких материалов должно дать более глубокое теоретическое освещение процесса контактной сушки и облегчить задачу динамического расчета сушильных барабанов при проектировании.

Описанный процесс сушки тонких материалов на горячей поверхности отнюдь нельзя считать вполне разрешенным теоретически. Безусловно, в дальнейшем потребуются дополнительные исследования. В частности, необходимо более точное и аналитическое определение коэффициента теплопередачи  $K$ , которое на сегодня еще затруднительно из-за неопределенности коэффициента теплопроводности материала переменной влажности. При надлежащей теоретической ясности вопроса о коэффициенте теплопередачи  $K$  этот метод расчета должен получить широкое практическое применение.



# Электролитическое лужение жести

Канд. техн. наук Г. Т. БАХВАЛОВ  
(Член Комитета гальваностегии ВСНИТО)

**Э**лектролитический способ производства жести дает возможность:

1) получать оловянные покрытия любой заданной толщины и, главное, в тонких слоях, чего невозможно добиться при горячем способе даже на автоматах;

2) наносить оловянные покрытия лишь на одну сторону листа или ленты, которая в дальнейшем становится рабочей поверхностью, соприкасающейся с коррозионной средой (пищевыми продуктами);

3) иметь значительную экономию олова, выражающуюся (по скромным подсчетам американцев) при двустороннем покрытии жести в  $\frac{2}{3}$  от общего расхода олова, потребного при горячем лужении, и получать значительное уменьшение стоимости 1 т жести;

4) значительно повышать производительность при производстве жести.

Этот способ, позволяющий нанесение крайне тонких покрытий (порядка 0,75 микрона), обоснован особыми электрохимическими свойствами оловянного покрытия при взаимодействии его с консервированными пищевыми продуктами.

По своим электрохимическим свойствам олово относится к разряду катодных защитников железа, т. е. оно может защищать железо лишь механически, при полном отсутствии пор в покрытии. Однако это понятие, вытекающее из положения олова относительно железа в ряду нормальных электродных потенциалов, не может быть распространено на все электрохимические системы, в которых оловянные покрытия взаимодействуют с органическими средами.

Исследователи Мантель и Кинг (1927 г.), а еще ранее Гартман и Фридрих (1924 г.) и Альтпетер (1916 г.) обратили внимание на то, что полярность электрохимических пар железо/олово иногда меняется, если коррозионной средой является консервированный пищевой продукт.

Результаты опытов<sup>1</sup> в этом направлении, проведенных лабораторией электрохимии и коррозии Московского института цветных металлов и золота в 1939—1940 гг., также показали, что в гальванических системах, где жидкой фазой является водный раствор органических соединений, оловянное покрытие на железе проявляет себя анодно.

По существующему до сих пор ГОСТу консервная жечь, полученная горячим способом (т. е. погружением железных листов в расплавленное олово), считается годной лишь в том случае, если количество пор в покрытии не превышает в среднем 12 на 1 см<sup>2</sup>; жечь 1 сорта не должна иметь в покрытии более 3—4 пор на 1 см<sup>2</sup>.

Такие требования безусловно связаны с неправильным представлением о том, что оловянное покрытие во всех случаях является катодным защитником железа и потому должно быть сплошным, беспористым, без каких-либо механических повреждений, достаточной толщины. Поэтому расход олова, равный 20—22,5 кг на 1 т жести без применения автоматов (например, на Днепропетровском заводе им. Коминтерна) и 18—20 кг при покрытии на автоматах Томас и Девис (Новомосковский завод)<sup>1</sup>, крайне завышен и не отвечает электрохимическим свойствам оловянного покрытия при взаимодействии его с рядом консервированных пищевых продуктов. Толщина такого покрытия колеблется от 2,5 до 3,0 микрона.

До сих пор консервная жечь в Советском Союзе производилась горячим способом.

По новому пятилетнему плану восстановления и развития советской металлургии неотложной задачей является увеличение производства белой жести для пищевой промышленности с таким расчетом, чтобы в 1947 г. оно выразилось в 114%, т. е. более чем в два раза<sup>2</sup>.

Осуществлению этой задачи будет служить ускорение восстановления южной металлургии, ввод в действие в установленные сроки ряда агрегатов и цехов на различных заводах, а также цехов по производству белой жести на Днепропетровском и Северском заводах.

В свете этих задач, поставленных партией и правительством перед советской металлургией, необходимо выполнить следующее:

1) незамедлительно приступить к детальному изучению защитных свойств и поведения электролитически полученного оловянного покрытия на железе в конкретных средах консервированных пищевых продуктов;

2) немедленно перейти на такой способ производства жести, при котором количество расходуемого олова на единицу продукции жести было бы максимально снижено и научно обосновано, т. е. соответствовало бы электрохимическим и защитным свойствам олова в условиях консервированных пищевых продуктов.

Очевидно, вторая задача может быть решена переходом от горячего лужения жести к электролитическому способу.

Первый вопрос, безусловно неотделим от второго, так как полученные результаты будут являться обоснованием для предъявляемых к покрытию требований и для технологического режима электролитического покрытия в целом.

<sup>1</sup> Неопубликованный отчет по работе группы инженеров под руководством канд. техн. наук Г. Т. Бахвалова на Новомосковском заводе с целью установления факторов, способствующих снижению расхода олова при горячем лужении жести, 1940 г. (задание ГУМПа НКЧМ).

<sup>2</sup> Статья тов. Тевосяна в газете «Правда» № 99 от 24/IV 1947 г.

<sup>1</sup> Лайнер В. И., Бахвалов Г. Т., Клейменова А. П., Электролитическое лужение жести. 1939—1940 гг. (неопубликованный отчет по работе).

Ряд исследовательских лабораторий<sup>1</sup> в предвоенные годы занимался изучением процесса электролитического получения жести. В результате проведенных работ установлено, что электролитическое лужение в производственных масштабах может быть успешно осуществлено на конвейерных установках, если покрытию будет подвергаться лента, изготавливаемая в рулонах. В этом случае возможна более совершенная конструкция автомата для производства жести, при которой осуществляется бесперебойная работа всей линии покрытия, что значительно труднее при лужении листов. Кроме того, были разработаны в основном технология и режим процессов производства жести как в кислых, так и в щелочных электролитах.

Наряду с этим остался не вполне разработанным процесс оплавления оловянного покрытия, получаемого в кислом сернокислом электролите. Дело в том, что по своим электрохимическим свойствам кислый сернокислый электролит обладает для лужения рядом преимуществ перед щелочным (станнатным), так как допускает применение значительно более высокой катодной и анодной плотности тока без того, чтобы значительно падал выход по току. Электрохимический эквивалент олова в 2 раза выше в кислом электролите, чем в щелочном. Однако установлено, что при оплавлении покрытий, полученных в кислых сернокислых электролитах, имеет место каплеобразование, если отсутствует предварительно осажденный подслои олова из щелочного электролита, либо подслои железа или других металлов. Оловянные покрытия, полученные непосредственно из щелочных (станнатных) электролитов, свободны от этого крайне существенного недостатка.

Надо полагать, что тенденция к каплеобразованию при оплавлении оловянных покрытий, полученных на железе из обычных кислых сернокислых электролитов, объясняется тем, что такие покрытия имеют значительно более крупнокристаллическую структуру, чем покрытия, получаемые из щелочных электролитов. Поэтому поверхность соприкосновения и сцепление основного металла с оловянным покрытием, полученным из сернокислого электролита, меньше, имеется большее поверхностное натяжение и, следовательно, большая вероятность собирания олова в капли при оплавлении.

Лаборатории, разрабатывающие процесс электролитического лужения жести, не располагали в то время аппаратурой для оплавления, применяемой сейчас в зарубежной практике при электроконтактном или индукционном нагреве. При такой аппаратуре в Англии, США и Канаде успешно применяются и кислые и щелочные электролиты для лужения с высоким выходом годного после оплавления.

### Практика производства жести электролитическим путем в США

В США консервную жесть в настоящее время производят в виде ленты, изготавливаемой в рулонах.

Все существующие там установки можно разделить на два основных типа:

1) установки с вертикальной ванной для лужения;

<sup>1</sup> Харьковский химико-технологический институт им. Кирова (1934—1936 гг.), Московский институт цветных металлов и золота им. Калашникова (1939—1940) гг.).

2) установки с горизонтальной ванной для лужения и с переменной скоростью движения ленты. Первый тип агрегатов имеет либо постоянную, либо переменную скорость движения ленты.

В качестве иллюстрации приведем принципиальную схему установки для лужения ленты (рис. 1) с вертикальной электролитной ванной 8 и с горизонтальной ванной 8а. Применяется как кислый, так и щелочной электролит.

Линия имеет два разматывателя 1 конусного типа. Разматыватели работают поочередно и приводятся в движение мотором через редуктор. Лента от разматывателя захватывается парой стальных роликов 3, движущихся от мотора, и подается в петлевую яму 4. Длина петли должна быть такой, чтобы обеспечить некоторый запас ленты на случай сварки концов рулонов, не приостанавливая работы всей линии. Петля также обеспечивает нужное направление ленты перед входом ее в агрегат покрытия.

Между разматывателем и захватывающей парой стальных роликов помещается сварочная машина 2, предназначенная для сварки концов рулонов.

Через систему роликов обратного натяжения 5 лента подается в агрегат для химической или электрохимической подготовки к покрытию (обезжиривания и травления, либо только травления 6), а затем через щеточный очистительный аппарат 7 — в агрегат 8 для покрытия оловом. Ванна а предназначена для промывки ленты, ванна б — для лужения, ванна в — для улавливания остатков электролита с поверхности ленты и ванна г — для промывки. Оловянные аноды здесь располагаются вертикально. В ванне покрытия лента имеет ряд перегибов. В установке со щелочной ванной длиной 15 м и шириной 3 м имеется до 48 перегибов ленты<sup>1</sup>.

По выходе из ванны для покрытия лента обрабатывается полировальными щетками 9, проходит ванну с флюсом 10, после чего идет оплавление ленты в специальной печи 11.

После промывки от остатков флюса в ванне с холодной водой 12 и в ванне с горячей водой 13, а также последующей сушки в сушильном устройстве 14, лента либо поступает на гильотинные ножницы 15 для разрезки ее на листы, либо наматывается в рулоны 15а. Механический сбрасыватель, синхронно связанный с работой ножниц, подает листы на электрокару для дальнейших операций — сортировки 16 и упаковки 17.

Установку для лужения с горизонтальными ваннами имеет ряд фирм<sup>2</sup>. Обычно лента для лужения проходит два ряда ванн, расположенных на различных уровнях (8а). Так, в автомате, установленном фирмой Вайртон Стил Компани, каждый ряд содержит по 12 идентичных ванн длиной до 1,65 м, шириной до 1,2 м и глубиной до 0,2 м. При прохождении через первый ряд ванн лента покрывается лишь с одной стороны, обращенной к анодам. При прохождении через второй ряд ванн, расположенных над первым, покрывается другая сторона ленты. Все дальнейшие операции в этой линии принципиально идентичны описанным в линии с вертикальными ваннами. Аноды расположены по дну ванн.

<sup>1</sup> «Steel», July 17, 1944, p. 126.

<sup>2</sup> Фирма United Engineering («Сталь», 1943. № 1—2); фирма Weirton Steel a. Co («Steel Plant», Febr. 1944, vol. 32, № 2, p. 232) и др.

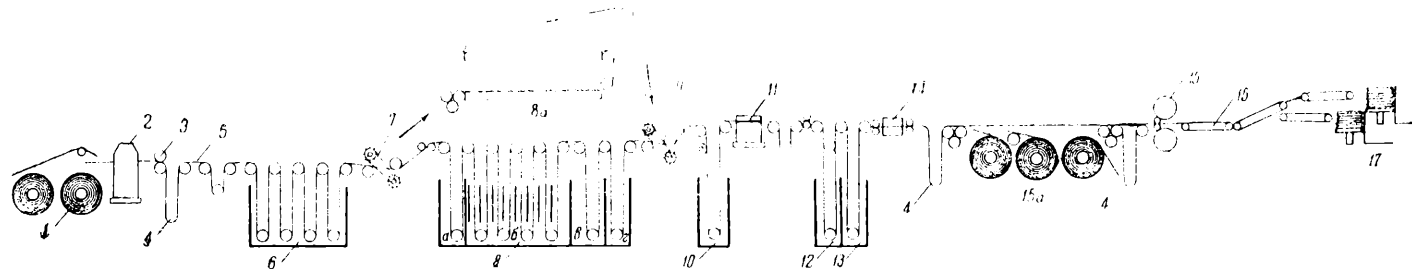


Рис. 1. Принципиальная схема установки для электролитического лужения ленты

Скорость движения ленты может варьироваться от 200 до 300 м/мин. и более.

Ванны соединены с резервуаром, содержащим многократный запас электролита, необходимого для заполнения обоих рядов ванн.

Преимуществом линии этого типа является возможность производить либо одностороннее покрытие ленты, либо двухстороннее, различной толщины.

Конструктивно каждая из установок имеет свои особенности. Поэтому обрисовать наиболее важные узлы можно лишь в общем виде. Так, если скорость движения ленты в ваннах покрытия должна быть постоянной при заданной толщине покрытия и плотности тока, то надо обеспечить и нужную скорость подачи ленты в зону покрытия от разматывателей. В момент, когда с рабочего разматывателя сошел конец ленты, захватывающие ролики останавливаются, конец ленты накладывается на новую бухту, включается аппарат сварки, и после процесса сварки, продолжающегося 30—40 сек., включаются захватывающие ролики при повышенной скорости, чтобы получить новый запас ленты в петлевой яме.

Натяжение ленты между захватывающими роликами и разматывателем по мере изменения диаметра бухты регулируется автоматическим компенсатором.

Устройство для резки ленты на листы на ряде заводов установлено в общей линии<sup>1</sup> с тем расчетом, чтобы скорость движения ленты через него не превышала 200 м/мин. На ряде заводов операция резки луженых рулонов на листы является самостоятельной и с линией покрытия не связана. Аноды в ванне заменяются при растворении их до 1" толщины. В горизонтальной ванне аноды располагаются по ее дну. На рис. 2 представлен общий вид линии для электролитического производства жести на заводе Вайртон Стил Компани.

### Оплавление оловянного покрытия

Электроосажденное олово, как известно, приобретает ряд ценных качеств после оплавления.

Механизм процесса оплавления пока мало изучен.

Можно исходить из того, что чем грубее кристаллы электроосажденного олова, тем большая вероятность собирания олова в капли в процессе оплавления. К такому предположению приводит нас наблюдение за качеством оплавления оловянного покрытия, полученного непосредственно на железе из щелочных и кислых электролитов: более мелкокристаллическое оловянное покрытие (из щелочных оловянных электролитов) не имеет тенденции к каплеобразованию, в противоположность покрытиям из кислого электролита.

<sup>1</sup> «Metal Finishing», Dec. 1942, vol. 40, № 12.

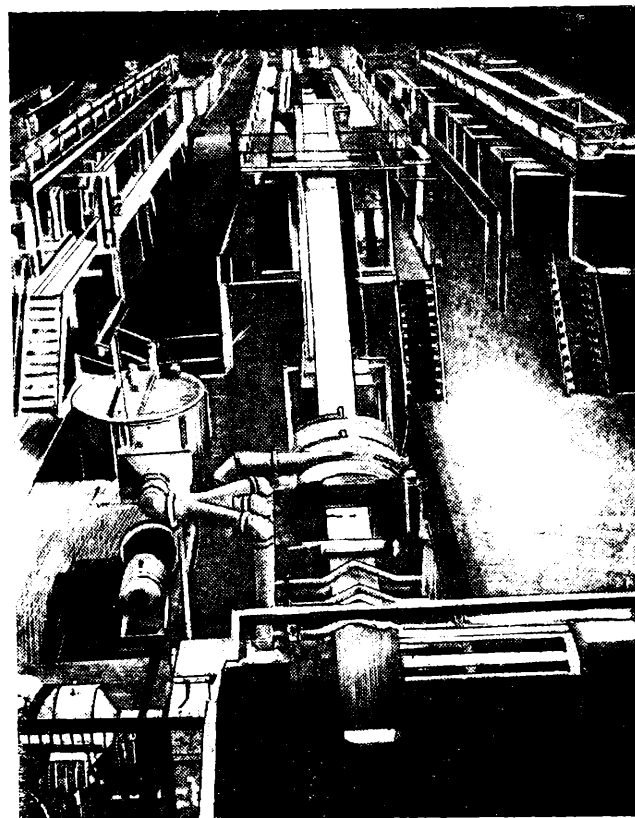


Рис. 2. Общий вид линии для электролитического производства жести

В промышленных масштабах оплавление можно осуществлять различными способами: нагревом на открытом газовом пламени, в отражательных печах, в масле с высокой температурой кипения, контактным электрическим методом и индукционным методом с применением токов высокой частоты.

В новых высокоскоростных линиях в США при производстве белой жести применяются, в основном, способы оплавления: контактный электрический и индукционный. Оба они выгодно отличаются от остальных методов тем, что позволяют регулировать подводимую мощность в соответствии с толщиной покрытия и скоростью движения ленты.

Контактный электрический метод оплавления осуществляется посредством передачи тепла движущейся ленте металлическими роликами. Тепло, возникающее в роликах при прохождении через них тока определенной силы, должно быть достаточным, чтобы прогреть ленту до температуры немного выше точки плавления олова. Разумеется, что при неравномерной толщине оловянного покрытия контактный метод дает неравномерный нагрев ленты и местный перегрев металла.

Оплавление оловянного покрытия индукционным нагревом достигается в результате прохождения ленты через высокочастотное поле магнитного потока. Температура оплавления составляет около  $700^{\circ}$ , продолжительность ее воздействия на покрытие — 1 сек. Цикл охлаждения начинается непосредственно по выходе ленты из индукционной катушки.

Индукционный метод оплавления наиболее совершенен. Он обладает рядом чрезвычайно важных преимуществ по сравнению с контактным. Так:

- 1) исключается возможность возникновения дефектов на полуде за счет механического воздействия контактных роликов на ленту;
- 2) исключается передача тока от роликов к ленте;
- 3) значительно уменьшается процент брака, получаемого в процессе оплавления.

Индукционная установка компактна, представляет собой весьма малую по габаритам печь, что крайне упрощает ее монтаж в общей линии производства жести.

На рис. 3 схематично представлены основные элементы высокочастотной установки для оплавления жести, а на рис. 4 — схема 400-киловаттной высокочастотной печи для оплавления.

Мощность установленных в США высокочастотных печей доходит до 600 квт. Частота колебаний — 200 000 пер./сек.

Как уже отмечалось, ежегодное производство жести по новому пятилетнему плану восстановления и развития советской металлургии должно неуклонно возрастать, причем лужение консервной жести намечается осуществлять горячим способом. Для снижения расхода олова при получении жести этим методом необходимо введение специальных автоматов. Экономия олова на 1 т консервной жести, по сравнению с немеханизированным способом покрытия, составит тогда 5—7 кг, расход олова ожидается в 12—14 кг на 1 т. Однако приведенные показатели не могут нас удовлетворить. Необходимо решительное внедрение электролитического способа производства жести. В самом деле, расход олова даже при двустороннем электро-

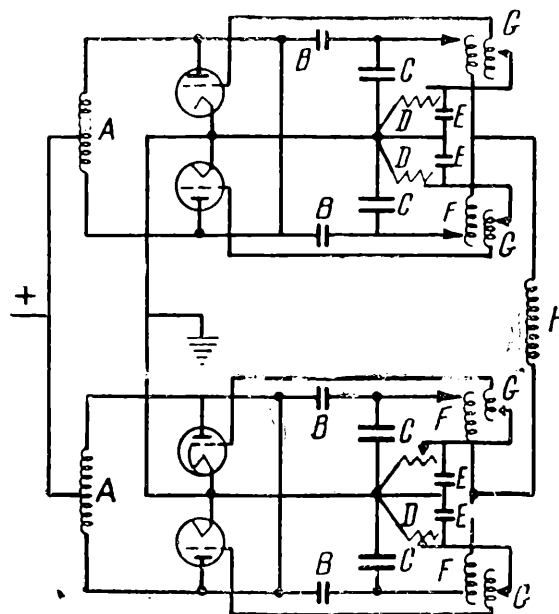


Рис. 4. Схема высокочастотной печи для оплавления: *R* — радио-дроссельная катушка; *B* — пластинчатый блокировочный конденсатор; *C* — конденсатор; *D* — сопротивление утечки сетки; *E* — конденсатор Гридлика; *F* — плоская настроечная катушка; *G* — настройка сетки; *H* — катушка индукционного нагрева

с применением усовершенствованных автоматов, не является безупречной уже потому, что база для внедрения электролитического способа может быть создана в максимально короткий срок. Необходимо форсировать организацию производства холоднокатанной рулонной жести на заводах Министерства черной металлургии. Итти по пути применения автоматов для электролитического лужения жести в листах едва ли рентабельно из-за сложности в наладке автоматов, нестабильности их работы и сравнительно низкого выхода годного.

### З а к л ю ч е н и е

1. Расход олова на производство жести до сих пор составляет около 40% от веса этого металла, вновь вводимого ежегодно в мировое хозяйство.
2. До сих пор не найдено полноценных заменителей олова при производстве консервной жести.
3. При изготовлении консервной жести электролитическим путем возможно достигнуть экономии  $\frac{1}{3}$  —  $\frac{1}{2}$  олова, расходуемого при горячем лужении.
4. Борьба за ежегодную экономию сотен тонн олова может быть успешной при незамедлительной организации производства холоднокатанной рулонной жести и организации цеха электролитического производства рулонной жести.
5. Необходимо начать детальное исследование защитных свойств и коррозионной стойкости электролитически полученной консервной жести в конкретных консервированных пищевых средах.
6. Надо подвергнуть детальному изучению вопрос, связанный с извлечением олова из отходов при производстве консервной тары.

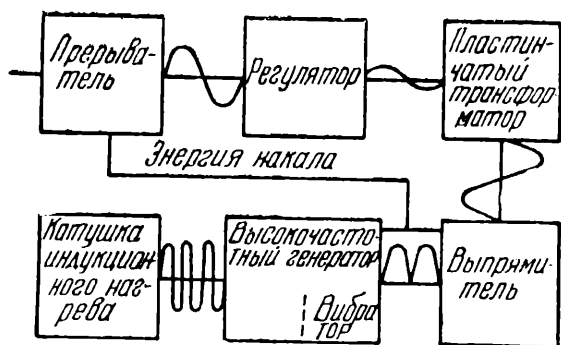


Рис. 3. Основные элементы высокочастотной установки оплавления жести

литическом покрытии 1 т жести выражается в  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{3}$  от его расхода при покрытии горячим способом. При одностороннем же покрытии эта экономия становится еще больше.

Таким образом, тенденция к развитию производства луженой жести горячим способом, даже

# Автоматизация непрерывной выпарки в консервной промышленности

Канд. техн. наук М. Я. ДИКИС

(Одесское областное отделение Общества пищевиков)

**З**адачу, которую должно выполнить автоматическое регулирование, можно в общем виде сформулировать так: выпарная установка, непрерывно получая сырье переменной плотности, должна непрерывно выдавать готовый продукт постоянной плотности.

Дополнительно уточним, что производительность установки может быть переменной во времени. Отклонения от среднезаданной производительности обусловлены рядом факторов, из которых основными являются: чистота поверхности нагрева, скорость циркуляции, содержание клетчатки в сыром продукте, параметры греющего пара (давление, влажность, температура) и т. д.

В основу нового (для техники консервирования томатов) метода автоматического регулирования процесса непрерывной выпарки положен принцип безъемкостного пропорционального регулирования соотношения расходов вещества, протекающего по трем трубопроводам. При этом расход одного вещества (в нашем случае сокового пара, образующегося из выпариваемой влаги) может произвольно изменяться во времени. Расходы же сырого и готового продукта — зависимы, составляя всегда определенную часть расхода сокового пара. Так, например (рис. 1), если расход сокового пара составляет  $1 \text{ кг/сек}$ , то расход 5%-го сырого продукта

что является первым требованием, гарантирующим непрерывность процесса.

Второе требование — постоянство абсолютного содержания сухих веществ — обеспечивается заранее выбранным соотношением между расходом сырого продукта, поступающего в аппарат, и готового продукта, уходящего отсюда. В нашем примере это означает, что с  $1,5 \text{ кг}$  5%-го сырого продукта в аппарат входит  $75 \text{ г}$  сухих веществ. Следовательно, такое же количество должно уходить из него. Действительно, с  $0,5 \text{ кг}$  15%-го томата-пюре из уварочного аппарата будет выводиться  $75 \text{ г}$  сухих веществ. Таким образом выдерживается и второе условие — непрерывность выпарки.

Предлагаемый метод регулирования имеет ряд положительных качеств. Перечислим основные из них.

1. При изменении количества испаряемой воды тотчас же начинается изменение количества вводимого и выводимого продуктов. Таким образом, накопления сухих веществ или воды до начала работы регулятора не происходит.

2. Принятая система регулирования (соотношением расходов) очень точна.

3. Наличие емкости в виде большого количества увариваемого продукта, находящегося в выпарном аппарате, становится положительным фактором; отклонения конечной плотности от номинального значения уменьшаются в том случае, если ошибки регулятора в течение продолжительного периода имеют один и тот же знак (т. е. все положительные или все отрицательные, чего в действительности не бывает).

4. Схема автоматического регулирования значительно упрощается.

5. Эти регуляторы хорошо зарекомендовали себя в энергетической и химической промышленности. Поэтому надежность их работы в томато-консервной промышленности не вызывает сомнений.

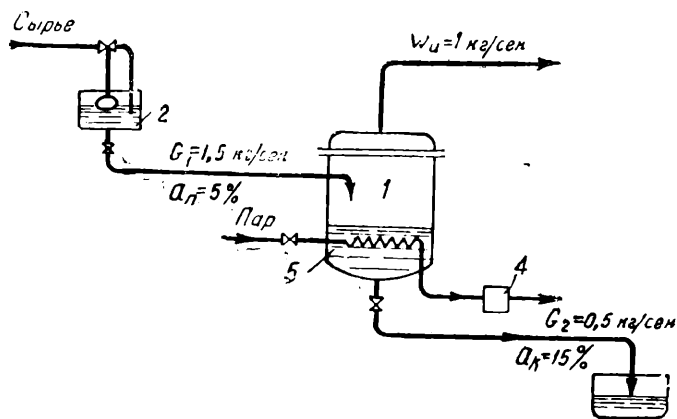


Рис. 1. 1 — выпарной аппарат; 2 — расходный бак с постоянным уровнем; 3 — сборник готовой продукции; 4 — конденсационный горюнок; 5 — поверхность нагрева

будет  $1,5 \text{ кг/сек}$ , а расход 15%-го томата-пюре —  $0,5 \text{ кг/сек}$ . При увеличении или уменьшении расхода сокового пара будут пропорционально изменяться расходы сырого и готового продуктов, однако соотношение их останется постоянным. При этом разность между введенным и отведенным из аппарата продуктом будет численно равна количеству испаренной воды. В результате, количество увариваемой в аппарате массы будет постоянным,

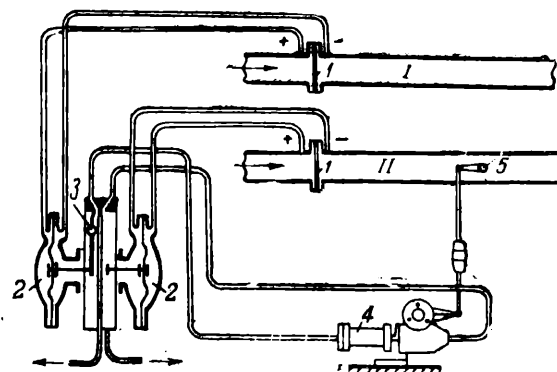


Рис. 2. Регулятор соотношения расходов двух потоков с реле Аскания. I и II — регулируемые трубопроводы; 1 — измерительные диаграммы; 2 — измерительные мембраны; 3 — реле Аскания; 4 — кривошипный поршневой исполнительный механизм; 5 — регулирующая заслонка

Регулятор соотношения расходов (рис. 2) со струйным реле Аскания в измерительной части состоит из двух мембран. Одна из них измеряет перепад давлений независимого (основного) потока, вторая — зависимого.

Пределы регулирования соотношения расходов довольно широки. Так, завод КИП Главкокса изготавливает регуляторы с такими пределами:

$$\begin{aligned} 1,41-1,0-0,7, \\ 2,23-1,0-0,45, \end{aligned}$$

т. е. расход в регулируемом трубопроводе может составлять от 0,45 до 2,23 расхода в основном трубопроводе.

Подобные регуляторы выпускает также фирма Фишер и Портер (США), гарантируя регулировку соотношения расходов для любой производительности от 0,063 до 378 л/сек.

Регулятор завода Тизприбор с гибкой обратной связью, в отличие от гидравлического регулятора Аскания имеет пневматическое воздействие на регулируемый орган. Конструктивно он несколько сложнее регулятора Аскания, но зато возможность изменения соотношения расхода в нем значительно проще.

Количество томатного сырья, поступающего на выпарку в единицу времени, зависит от двух величин: объема влаги, выпариваемой в единицу времени, и содержания сухих веществ в поступающем сырье:

$$G_1 = \frac{a_n}{a_k - a_n} W_n + W_n \text{ кг},$$

где:  $a_n$  — начальное содержание сухих веществ в сырье, поступающем на уваривание, %;

$a_k$  — конечное содержание сухих веществ в готовом продукте, уходящем из выпарного аппарата, %;

$G_1$  — количество сырья, поступающего на уваривание в единицу времени, кг;

$W_n$  — количество воды, испаряемой в единицу времени, кг.

Таким образом, при постоянном значении  $a_k$  количество поступающего сырого продукта  $G_1$  зависит от  $W_n$  и от  $a_n$ .

Отсюда приходим к выводу, что для автоматизации непрерывной варки томатопродуктов надо разработать такую схему автоматического регулирования, которая была бы в состоянии, реагируя на изменение количества выпариваемой влаги и сухого остатка сырья, поддерживать заданный режим выпарного процесса.

Для автоматического регулирования подачи сырья в зависимости от количества выпариваемой влаги мы устанавливаем описанный автоматический регулятор соотношения расходов.

Второе основное требование — изменение количества подаваемого сырого материала (а, следовательно, и отбора готового продукта) в зависимости от изменения содержания сухих веществ в сыром продукте — может быть сравнительно просто выполнено установкой автоматического регулятора содержания сухих веществ в поступающем на выпарку сырье (рис. 3).

По трубе 1 сырье подается в смеситель 2, где смешивается с жидкостью, поступающей по трубе 3. Этой жидкостью может быть либо вода, либо (как в нашем случае) 15%-й томат-пюре. В результате смешения получается продукт нужной плотности, который по трубе 4 отводится в выпарной аппарат.

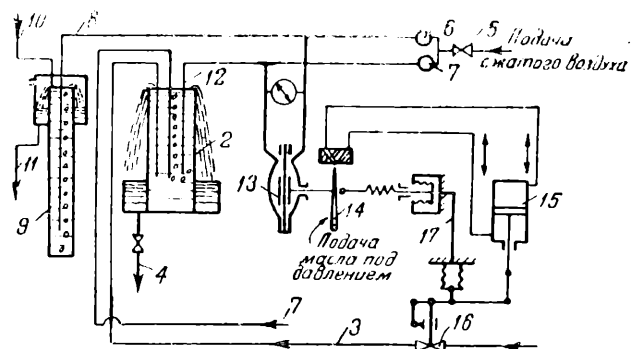


Рис. 3. Схема регулятора плотности раствора

Регулятор работает так. По трубке 12 в смеситель подается сжатый воздух, предварительно прошедший через редукционный клапан 7. Воздух, протекающий через клапан 6, по трубке 8 поступает в сосуд 9, наполненный водой. Небольшое количество воды подводится к сосуду по трубке 10 и, переливаясь через края его, сливается по трубке 11 в дренаж. Воздух, протекающий через трубки 8 и 12, выходит в атмосферу, барботируя в виде пузырьков через слой жидкости.

Соппротивление выходу воздуха изменяется в зависимости от высоты слоя и плотности жидкости. При одинаковой высоте сопротивление будет зависеть только от плотности жидкости.

Соппротивление выходу воздуха из трубки 8 — постоянно, а из трубки 12 зависит от плотности раствора жидкости в смесителе.

Редукционные клапаны 6 и 7 мы настраиваем таким образом, чтобы при заданной плотности раствора в смесителе установилась определенная разность давлений воздуха в трубках 12 и 8. Эта разность действует на мембрану 13, связанную со струйной трубкой 14. При изменении плотности раствора в смесителе меняется и перепад давлений, действующий на мембрану, вследствие чего струйная трубка отклоняется и при помощи сервомотора 15 воздействует на регулирующий клапан 16. Последний связан со струйной трубкой посредством гидравлической обратной связи 17.

Отсчет плотности жидкости в смесителе производится при помощи дифференциального манометрического прибора, приключенного к трубкам 8 и 12.

Описанные регуляторы хорошо работают в химической промышленности для регулирования плотности различных кислот. В нашем случае их применение возможно благодаря наличию строгой зависимости, установленной Крюссом между удельным весом и содержанием сухих веществ в томатопродуктах.

На рис. 4 приведена общая схема автоматического регулирования процесса непрерывной выпарки применительно к вакуум-выпарной установке Лурги, состоящей из двух концентраторов и трех булей. Эта установка широко распространена на консервных заводах СССР.

Предположим, что в концентраторах 1 и в булях 2 находится требуемое количество томата-пюре и томата-пасты соответствующей концентрации. Открыв вентили для выпуска пара с поверхности нагрева концентратора и буля и обеспечив конденсацию образующихся соковых паров, открывают вентиль на трубопроводе 22 после сборника 19. Этим обеспечивается поступление томатного сырья в концентраторы в требуемом количестве.

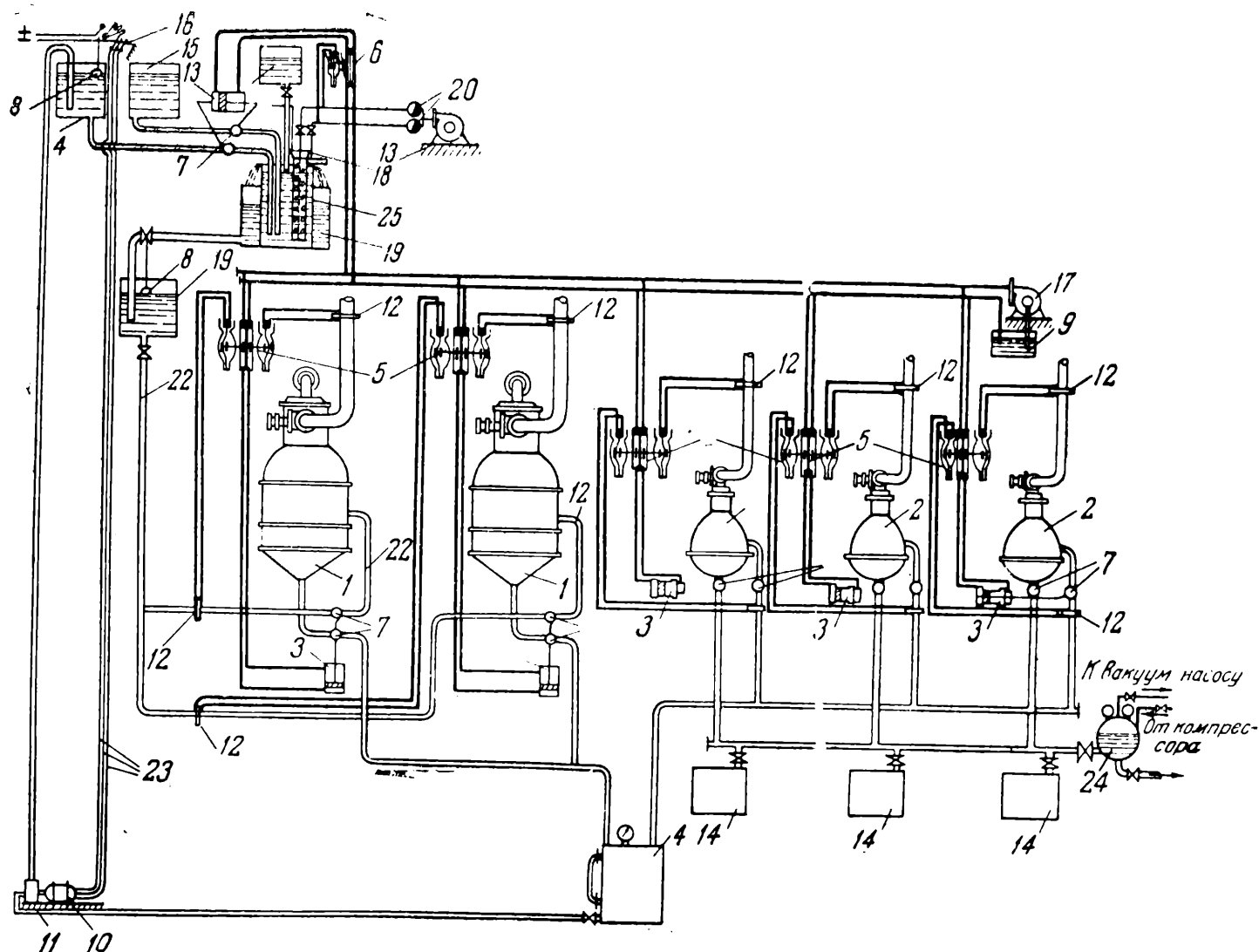


Рис. 4. Схема автоматизации непрерывной варки томатпродуктов в вакуум-выпарной установке Лурги с применением безземкостного пропорционального регулирования соотношения расходов: 1—концентратор; 2—буль; 3—исполнительный механизм; 4—сборник 15%-ного продукта; 5—регулятор соотношения расходов; 6—регулятор плотности; 7—перекрывающее устройство; 8—поплавок-регулятор уровня; 9—бак для масла; 10—электромотор; 11—центробежный насос; 12—диафрагма; 13—воздушный компрессор; 14—сборник 30%-ного продукта; 15—сборник для воды; 16—реле включения электромотора; 17—масляный насос; 18—сосуд с водой; 19—сборник сока постоянной плотности; 20—редукционный вентиль; 21—сборник сырого сока; 22—трубопровод для сырого сока; 23—линия трехфазного тока; 24—монжус; 25—смеситель

В дальнейшем весь процесс выпарки автоматизирован.

Количество воды, испаряемой из увариваемого в вакуум-выпарном аппарате продукта, является величиной переменной во времени.

Установленные на сокопроводах, соединяющих вакуум-аппараты 1 и 2 с конденсатором, острые камерные диафрагмы будут изменять перепад давлений в зависимости от количества протекающего через них сокового пара. Чувствительным элементом, воспринимающим изменение перепада давлений, служит мембрана, соединенная со струйной трубкой Аскания 5. Такие же диафрагмы 12 устанавливаются на трубопроводах сырого продукта 22. Перепад давления, обуславливаемый установкой диафрагм, также воспринимается мембраной, соединенной со струйной трубкой Аскания с противоположной стороны.

Сечение отверстий диафрагм, установленных на трубопроводах сокового пара и сырого продукта, выбираем с таким расчетом, чтобы давления по обеим сторонам двух мембран, соединенных тягами со струйной трубкой Аскания, взаимно уравновешивались. При этом струйная трубка будет рас-

положена строго вертикально. В нижнюю часть трубки насосом из бака 9 подается масло под давлением в 5—6 ат. При вертикальном положении трубки, соответствующем заданным соотношениям перепадов, а следовательно, и расходов пара и жидкости в трубопроводах, масло будет ударяться в верхнюю стенку сосуда и стекать по соединительным трубкам в бак 9.

Предположим теперь, что количество выпариваемой воды по какой-то причине уменьшилось. Вследствие снижения перепада давлений до и после диафрагмы, установленной на трубопроводе сокового пара, правая мембрана регулятора концентратора 5 выгнется вправо, потянет за собой струйную трубку, и тогда масло, вытекающее через нижнее отверстие трубки, попадет в правую щель верхней крышки коробки регулятора. По соединительной трубке масло из щели поступит к исполнительному механизму — сервомотору 3, опустит поршень вниз и тем уменьшит при помощи перекрывающих устройств 7 поступление сырого продукта в концентраторы 1 и выпуск из них готового продукта.

При уменьшении количества жидкости, протекающей по трубопроводу 22, подающему ее в кон-



центраторы, перепад давлений на левую мембрану регулятора 5, обусловленный диафрагмой 12, уменьшится, и она прогнется влево. Тогда трубка переместится из правого положения (при котором масло, подаваемое насосом 17, поступало через правую щель в исполнительный механизм — сервомотор 3) в среднее — нулевое, и дальнейшее перекрытие запирающих органов 7 прекратится. Этому нулевому положению будет соответствовать новое установившееся состояние, при котором абсолютные количества сокового пара и сырого продукта, протекающих по трубопроводам, изменились, но соотношение их расходов осталось постоянным.

При увеличении количества испаряемой воды описанная последовательность процесса автоматического регулирования будет повторяться в обратном порядке.

Таким образом, путем подбора сечений трубопроводов сырого и готового продукта, настройки перекрывающих устройств и установки диафрагм необходимых сечений можно обеспечить:

- 1) подачу сырого продукта в выпарной аппарат и отвод готового продукта в количествах, точно соответствующих объему выпаренной воды;
- 2) постоянный, оптимальный для циркуляции, уровень выпариваемого продукта;
- 3) постоянство содержания сухих веществ в продукте, находящемся в выпарном аппарате;
- 4) непрерывность процесса уваривания и значительное увеличение его производительности;
- 5) автоматическое регулирование выпарного процесса в соответствии с заранее установленным режимом.

Предлагаемая схема может быть осуществлена в производственном масштабе только при условии постоянного содержания сухих веществ в сырье, поступающем на уваривание.

Нами предусмотрена предварительная подготовка сырья для доведения в нем сухих веществ до заранее установленного предела. Как видно из рис. 4, поступающее из цеха предварительной подготовки сырье с переменным содержанием сухих веществ попадает в сборник 21, откуда направляется в сборник-смеситель 25. В этот смеситель подведены две трубки из сборника 15%-го томата-пюре 4 и сборника с водой 15. В смеситель 25 вводится также открытая в своей нижней части трубка, через которую воздушным компрессором 13 вдувается сжатый воздух. От компрессора 13 воздух через редукционные вентили 20 подводится как в трубку, опущенную в сборник-смеситель, так и в цилиндрический сосуд с водой или другой эталонной жидкостью 18, находящейся внутри смесителя 25.

Уровень воды в сосуде 18 постоянен, что достигается непрерывным ее добавлением из сборника 15 и слива ее излишка через переливную трубку в канализацию. Такое добавление необходимо во избежание изменения уровня вследствие испарения воды в окружающую среду.

Сосуд 18 помещен в смеситель 25 для обеспечения одинаковых температур сырого продукта и воды.

Отрегулировав соответствующим образом редукционные клапаны, можно добиться такого положения, при котором давление воздуха по обе стороны

мембраны регулятора плотности 6 будет одинаково, вне зависимости от высоты столбов и плотности измеряемой жидкости.

При изменении содержания сухих веществ в одной из жидкостей (в нашем случае — сырого продукта) мембрана регулятора плотности 6 отклонится в ту или иную сторону и отклонит соединенную с ней струйную трубку Аскания. Далее, она заставит исполнительный механизм 3 открыть подачу 15%-го томата-пасты из сборника 4 в смеситель 25 (если содержание сухих веществ поступающего сырья ниже установленной нормы), либо открыть подачу воды из сборника 15 (если содержание сухих веществ сырья выше установленной для данного конкретного случая нормы). Исполнительный механизм 3 при своем движении в одну сторону закрывает перекрывающее устройство и открывает другое.

Переливаясь через верхний край смесителя 25, кондиционированный продукт направляется в предварительный сборник, а затем в сборник с постоянным уровнем 19, откуда и распределяется по выпарным аппаратам.

Для того чтобы не затрачивать излишнего тепла на выпаривание воды, добавленной в процессе кондиционирования сырья, экономически целесообразно установить заведомо более высокий предел нормированного содержания сухих веществ в сырье, поступающем на выпарку. Так, например, если колхозы поставляют томатоварочному заводу сырье с содержанием 4,5—5,5% сухих веществ, то нормальным содержанием сухих веществ выгоднее считать 5,5%. При этом не приходится добавлять воду, а следовательно, и выпаривать ее, затрачивая тепловую энергию. Добавление же готового 15%-го продукта для увеличения содержания сухих веществ в поступающем сырье с 4,5 до 5,5% вызовет, в основном, только дополнительные расходы на перекачку сырья из нижнего сборника 4 насосом 11 в верхний сборник 4. При этом электромотор 10 будет работать периодически, включаясь при помощи реле 16, тогда, когда снизится уровень продукта в сборнике 4.

Расчет показал следующее: если 20% поступающего сырья содержит 4,5% сухих веществ, 50% сырья — 5% веществ и 30% сырья — 5,5%, то необходимо добавить около 9% томата-пюре с содержанием сухих веществ 15% к общей производительности выпарной установки.

Никаких затрат тепла на выпаривание влаги из продукта, добавляемого для кондиционирования сырья, при этом не происходит, ибо 15%-й томат-пюре по существу только вторично проходит через выпарной аппарат.

Процесс работы выпарных установок под атмосферным давлением аналогичен описанной вакуум-выпарной установке.

В заключение отметим, что по самым осторожным подсчетам внедрение непрерывной выпарки в производство томатопродуктов взамен периодической выпарки увеличит производительность выпарных станций на 75—100%. Одновременно улучшаются и другие показатели, обеспечивающие значительный экономический эффект.



## Новые стандарты

### ГОСТ 3678-47 «Турбины паровые стационарные с противодавлением»

Стандарт устанавливает основные параметры стационарных паровых турбин с противодавлением, предназначенных для привода электрических генераторов мощностью от 750 до 25 000 квт. Число оборотов генераторов принято 1000 и 3000 в минуту.

Стандарт предусматривает турбины следующих типов: турбины с начальным давлением пара 15, 35 и 90 ата с регулируемым противодавлением и с использованием отработанного пара для производственных целей, а также турбины, предвключенные с начальным давлением пара 90 ата, для надстройки турбин с более низкими начальными параметрами пара. Турбины с начальным давлением пара 15 ата предназначены, в основном, для использования перепада давления и температуры между котельной и линией производственного потребления (взамен редукирующих установок).

Параметры пара установлены: начальное давление от 15 до 90 ата и начальная температура, соответственно, от 350° до 500° С; давление пара за турбиной (противодавление) соответственно с начальным давлением пара от 3 до 31 ата; турбины с начальным давлением пара 90 ата должны допускать кратковременную периодическую работу с начальной температурой пара 505°—510° С в течение 30 мин., при суммарном времени работы при этой температуре не менее 200 час. в году.

Наличие промежуточных нерегулируемых отборов пара из турбин для регенеративного подогрева питательной воды и параметры этих отборов должны быть оговорены в технических условиях на поставку турбины. Соответствие турбины основным параметрам, установленным настоящим стандартом, проверяется испытанием первого образца каждой конструкции на месте установки. Заводу-изготовителю предоставлено право доводки турбины на месте установки до основных параметров в течение года.

Стандарт разработан Министерством тяжелого машиностроения СССР.

Срок введения стандарта 1 июля 1947 г.

### ГОСТ 3618-47 «Турбины паровые стационарные конденсационные»

Стандарт распространяется на паровые турбины с конденсацией пара, предназначенные для привода электрических генераторов мощностью от 750 до 100 000 квт. Начальное давление пара установлено от 29 до 90 ата. Число оборотов генераторов 1000 и 3000 в минуту.

Стандарт предусматривает турбины таких типов: без регулируемого отбора пара, с регулируемым отопительным отбором пара и с регулируемым отопительным и производственным отбором пара. Всего установлено 12 исходных типов турбин со следующими модификациями: без регулируемого отбора пара — 10 типов: с регулируемым отопительным отбором пара при 1,2 ата — 8 типов; с регулируемым производственным отбором пара при 5 ата — 5 типов и при 7 ата — 1 тип; с двумя регулируемыми отборами пара отопительными при 1,2 ата — 3 типа и с производственным отбором пара при 10 ата — 3 типа. Производительность регулируемого отбора пара установлена от 9 до 100 т/час.

Соответствие турбины основным параметрам, установленным в стандарте, проверяется испытанием одного из первых образцов каждой конструкции.

Заводу-изготовителю предоставлено право доводки испытуемой турбины на месте установки в течение года со дня окончания ее монтажа.

Стандарт устанавливает технологические определения максимальной мощности, начальных параметров пара и др.

Стандарт разработан Центральным котлотурбинным институтом.

Срок введения стандарта 1 мая 1947 г.

### ГОСТ 2243-46 «Дрова для отопления, сухой перегонки и углежжения»

Стандарт распространяется на дрова хвойных и лиственных пород, предназначенные для отопления, сухой перегонки и выжигания древесного угля. Стандарт устанавливает для каждого из этих трех назначений (в зависимости от породы) несколько качественных групп.

Для отопления установлено 3 группы: I группа — береза, бук, ясень, граб, ильм, вяз, дуб, лиственница; II — сосна, ольха; III — ель, кедр, пихта, осина, липа, тополь, ива. Для сухой перегонки установлено 2 группы: I — береза, бук, ясень, граб, ильм, вяз, клен, дуб; II — осина, ольха, липа, тополь, ива. Для углежжения установлено 3 группы: I — береза, бук, ясень, граб, ильм, вяз, клен, дуб; II — сосна, ель, кедр, пихта, лиственница; III — осина, ольха, липа, тополь, ива. Стандарт делает оговорку, что дрова из дуба должны заготавливаться только в тех случаях, когда нет возможности использовать эту древесину для выработки дубильных экстрактов. Дрова хвойных пород для сухой перегонки древесины допускается заготавливать только по специальному заказу.

По влажности дрова разделены на: возмочно-сухие с относительным содержанием влаги не более 20%, полусухие — с относительным содержанием влаги от 21 до 33% и сырые — с относительным содержанием влаги более 33%.

Для длины дров стандарт устанавливает 5 размеров: 0,25; 0,33; 0,50; 0,75 и 1,0 м. Для углежжения допускаются также дрова длиной 1,25 м.

Стандарт допускает (с согласия потребителя) заготовку и сбачу дров в длинах, кратных указанным. Отклонения от длины приняты  $\pm 2$  см.

Толщина круглых поленьев установлена от 3 до 14 см. Поленья с круглым сечением 15—25 см подлежат расколке на 2 части (приблизительно равные): толщиной от 26 до 40 см — на 4 части, а толщиной более 40 см — на столько частей, чтобы наибольшая линия раскола по торцу не превышала 20 см. Количество круглых поленьев толщиной от 3 до 6 см не должно превышать 20% общей кубатуры сдаваемой партии дров.

Поленья должны быть очищены от сучьев. Высота оставшихся сучьев не должна превышать 1 см. Дрова допускаются к поставке в коре и без коры.

Стандарт оговаривает порядок укладки дров и ее плотность. В качестве расчетного дается вес одного плотного кубометра дров для разных пород древесины и установленной влажности.

Стандарт разработан ЦНИИМЭ Министерства лесной промышленности СССР взамен ранее существовавших ОСТ НКЛеса.

Срок введения стандарта 1 января 1947 г.

### ГОСТ 3514-3523 «Оптическое стекло»

Эта группа охватывает 10 стандартов на оптическое стекло и методы его испытания. К оптическому стеклу отнесено прозрачное стекло любого химического состава, однородность которого по показателю преломления удовлетворяет требованиям стандарта. В качестве технических характеристик стекла устанавливаются: однородность показателя преломления, угол разрежения, двойное лучепреломление и свильность заготовки оптического стекла.

По содержанию в составе стекла компонентов, в основном характеризующих показатель преломления и дисперсию, установлены следующие 8 типов стекла: кроны, баритовые кроны, тяжелые кроны, кронфлинты, легкие флинты, баритовые флинты, флинты, тяжелые флинты. Стандарт устанавливает по отклонению от показателя преломления от средней дисперсии и от угла разрежения 4 категории стекла. По двойному лучепреломлению оптическое стекло разделяется на 5 категорий. Двойное лучепреломление в стекле характеризуется разностью показателей преломления «обыкновенного» и «необыкновенного» лучей, измеренной в середине заготовки в направлении ее наибольшего размера. По свильности оптическое стекло разделено на 3 класса и на 4 основных и 3 до-

полнительных категорий. Класс свильности характеризуется: числом направлений, в которых просматривается заготовка (в трех, двух или одном направлении), диаметром светящейся точки и расстоянием заготовки стекла от экрана, на котором наблюдают теневую картину.

По светопоглощению установлено 4 категории стекла с коэффициентом от 0,008 до 0,020. Кроме технических характеристик и методов испытаний, стандартизованы технические условия на приемку стекла.

Проекты стандартов разработаны Государственным оптическим институтом.

Срок введения стандарта 1 сентября 1947 г.

#### ГОСТ 3488-46 «Локомотивы. Методика заводских испытаний»

Стандарт устанавливает методы испытания локомотивов на стендах завода-изготовителя: типового и контрольного (рядового) испытаний. В типовое испытание включены: проверка основных характеристик локомотива и работы всех механизмов паровой машины, парового котла, пароперегревателя, конденсационного и других устройств локомотива. Стандарт устанавливает следующие нормы допустимых отклонений основных параметров от их среднего значения при установившемся режиме испытания: для мощности машины  $\pm 5\%$ ; для давления пара в котле  $\pm 5\%$ ; для давления отработавшего пара и пара из промежуточного отбора  $\pm 15\%$ ; для вакуума в конденсаторе  $\pm 10\%$ ; для числа оборотов  $\pm 1,5\%$ ; для среднего удельного расхода пара и топлива (по отношению к гарантированному)  $\pm 5\%$ ; для температуры перегретого пара  $\pm 15\%$ .

Испытание локомотивов должно производиться при следующих режимах: при холостой работе — 30 мин.; при нагрузке 0,8 от номинальной (максимально-продолжительной) — 4 час.; при номинальной — 4 час.; при перегрузке (1,2 от номинальной) для типов СК, СТК и СТ — 15 мин.; а для типа П — 30 мин.

При испытании проверяется работа:

а) регулятора числа оборотов — путем мгновенного сброса всей нагрузки (проверка на разнос), причем регулятор должен выравнивать число оборотов в течение не более 30 сек.; б) регулятора противодействия — на сброс всего противодействия, на которое заказан локомотив (для локомотивов с противодействием). Кроме того, испытывается приспособление для изменения числа оборотов на ходу, если оно предусмотрено заказом.

Отсчеты по приборам и снятие индикаторных диаграмм во время испытания должны производиться через каждые 15 мин.

Для контрольного (рядового) испытания установлена проверка мощностей локомотива, числа оборотов, правильности действия всех механизмов паровой машины, парового котла и других устройств локомотива. При массовом выпуске передвижных локомотивов стандарт допускает ограничение контрольных испытаний только проверкой работы паровой машины, питаемой в этом случае паром от постороннего источника.

При контрольном испытании установлен следующий режим: а) при нагрузке 0,8 от номинальной — в течение 30 мин.; б) при номинальной нагрузке — в течение 2 час.; в) при нагрузке 1,2 от номинальной — в течение 15 мин. При этом испытании снимаются индикаторные диаграммы с обеих полостей паровых цилиндров.

Локомотивы с промежуточным отбором пара подвергаются испытанию на конденсацию без отбора пара и с отбором пара при максимальном его давлении, на которое заказан локомотив.

Локомотивы с противодействием подвергаются испытанию при работе на выхлоп в атмосферу и при максимальном противодействии, на которое заказан локомотив.

Стандарт разработан Сызранским локомотивным заводом. Срок введения стандарта 1 апреля 1947 г.

#### ГОСТ 3492-46 «Локомотивы. Классификация»

Стандарт устанавливает классификацию локомотивов для сельского хозяйства, для силовых и теплосиловых установок промышленности, а также небольших электростанций.

Стандартизовано 4 типа локомотивов: передвижные (условно обозначаемые буквой П), стационарные силовые конденсационные (СК), стационарные теплофикационные с промежуточным отбором пара и с конденсацией (СТК) и стационарные теплофикационные с противодействием (СТ). Для типа П установлена градация в 5 номинальных мощностей: 18; 25; 38; 53 и 75 л. с. Для типа СК — градация в 6 мощностей: 125; 175; 250; 350; 500 и 700 л. с. Для типа СТК — градация в 6 таких же мощностей, что и для СК. Для типа СТ градация в 4 мощности: 125; 175; 250 и 350 л. с.

Для преодоления пиковых нагрузок допускается увеличение номинальной мощности, но не более чем на 20%, причем продолжительность такой перегрузки локомотива не должна превышать 30 мин. для типа П и 15 мин. — для других типов, на каждые 4 часа работы локомотива.

Для локомотивов СТК мощность дана без отбора пара, а для СТ — без противодействия.

Для локомотивов типа СТК мощность при максимальном отборе пара давлением 3,0 ата установлена соответственно ниже: 85 л. с. — вместо 125 л. с.; 120 л. с. — вместо 175 л. с.; 170 л. с. — вместо 250 л. с.; 240 л. с. — вместо 350 л. с.; 340 л. с. — вместо 500 л. с.; 480 л. с. — вместо 700 л. с. Максимальный отбор пара давлением 3,0 ата установлен от 450 до 2220 кг/час.

Для локомотивов типа СТ мощность при противодействии 3,5 ата с использованием отработавшего пара установлена соответственно ниже номинальной, а именно: 85 л. с. — вместо 125 л. с.; 115 л. с. — вместо 175 л. с.; 170 л. с. — вместо 250 л. с.; 220 л. с. — вместо 350 л. с. Количество используемого пара установлено от 1000 до 2500 кг/час.

Стандарт разработан Сызранским локомотивным заводом.

Срок введения стандарта 1 апреля 1947 г.

#### ГОСТ 3335-46 «Фибра листовая авиационная конструкционная»

Стандарт распространяется на фибру листовую авиационную, применяемую для изготовления бензиновых фибровых баков. Предусматриваются 2 вида фибры: черная и красная. Окрашивание поверхности не допускается. Размеры листов установлены: по длине — 1800 мм, по ширине — 1200 мм. Допускаемое отклонение от размеров  $\pm 50$  мм. Толщина листов принята 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,1; 2,4; 2,7; 3,0 мм. Допуски на толщину соответственно установлены от  $\pm 0,1$  до  $\pm 0,2$  мм.

Фибра должна выдерживать без расслоения, растрескивания и пузыреобразования нагревание до 100—105° С в течение 24 час. или пребывание в воде в продолжение 24 час. при 10—30° С.

Кроме того, загиб листа толщиной до 1,5 мм при влажности 10% на угол 135° вокруг стержня диаметром 6 мм не должен вызывать образования разрывов и трещин.

Стандарт устанавливает пределы механической прочности при растяжении 900—950 кг/см<sup>2</sup>.

Показатель маслопоглощаемости при погружении в трансформаторное масло на 24 часа установлен не более 1,3%, а бензинопоглощаемости — не более 1,5%.

Фибра должна быть воздухонепроницаемой при давлении воздуха 0,3 ат.

Стандарт разработан ВИАМом.

Срок введения стандарта 1 апреля 1947 г.

# Хроника научных инженерно-технических обществ

## Передовые ячейки научно-технических обществ<sup>1</sup>

**Я**чейка НИТО при Уральском ордена Ленина алюминиевом заводе провела значительную работу в области пропаганды новой техники, повышения квалификации инженерно-технических работников и в удовлетворении ряда научно-технических запросов производства.

Так группа членов НИТО — Эпштейн А. М., Зенов П. Л., Ицников В. И., Сушков А. И., Гусало И. Б., Герасимчук Д. И. и др. — в промышленных условиях изучила влияние увеличения уровня металла в алюминиевых ваннах на выход по току и снижение напряжения. Внедрение этой работы оказало влияние на успешное выполнение производственного плана. Инж. Ковшиковым П. К. разработан новый способ выделения силина из электротермических алюминиево-кремниевых сплавов при помощи специального флюса. Начальники электролизных цехов Зенов Н. Л. и Эпштейн А. М. под руководством д-ра техн. наук Абрамова Г. А. провели исследования, связанные с усовершенствованием конструкции электролизеров и самой технологии электролиза.

Под руководством заводского партийного комитета ячейка НИТО организовала две технические конференции по вопросам повышения производительности труда на заводе и снижения себестоимости продукции.

Ячейка выделила комиссию содействия изобретателям и рационализаторам в составе членов НИТО инженеров Плюшкина М. З., Демьяненко А. И. и Суликова А. И., которые проводят систематические консультации.

Разработаны и внедрены следующие рацпредложения: инж. Плюшкиным М. З. «Новая схема промывки белого шлама», инж. Коноваловым И. В. «Репульпация красного шлама», инж. Поповым Р. Б. «Прибор для определения щелочи» и инж. Смоляницким С. Б. «Изменение схемы промывки подогревателей упаренных растворов».

В 1946 г. работали трехмесячные курсы повышения квалификации заводских молодых исследователей — инженеров и техников. Для членов НИТО был организован кружок по изучению иностранных языков. Группа из 15 инженеров готовится к защите диссертаций.

Ячейка НИТО проводит большую работу по научно-технической пропаганде. В течение 1946—1947 гг. состоялось 36 лекций-докладов, на которых присутствовали 1451 чел., к чтению лекций привлекались видные специалисты. Были организованы также доклады для рабочих производственных цехов по отдельным актуальным вопросам.

Директор завода тов. Перцев, парторг ЦК ВКП(б) тов. Стрельченко и гл. инж. тов. Пустыльник высоко оценивают работу ячейки НИТО. В их отзыве говорится: «Работы, проводившиеся ячейкой НИТО и ее членами, способствовали мобилизации творческой мысли инженерно-технических работников для достижения высоких производственных показателей в работе завода».

Ячейка НИТО на Ефремовском заводе синтетического каучука развила деятельность в области распространения научных и технических знаний среди инженерно-технических работников и рабочих. За год состоялось 14 докладов и лекций, на которых присутствовало 766 чел. Члены НИТО знакомились с обзорами и переводами из иностранных журналов, после чего проводились занятия по просмотренной литературе.

В порядке выполнения социалистических обязательств членами НИТО выполнен ряд исследований. Так инж. Муллин А. А. сделал работу «К замене меловой подсыпки смазками или эластичными пленками, устраняющими прилипание полимера к тарелкам в процессе бесстержневой полимеризации дивинила». Предложенный способ облегчения разделки полимера путем применения глицериновой смазки тарелок, вместо опудривания мелом, представляет практический интерес.

Инж. Поученко В. С. исследовал получение мягких типов каучуков с применением гексилена-гексадиеновой фракции. Это, в свою очередь, приводит к более высокой пластичности получаемого полимера. Данные работы внедряются в производство.

Ячейкой НИТО, совместно с БРИЗом завода, проведен конкурс на лучшее предложение по механизации и улучшению процесса разделки блоков в цехе газофазной полимеризации Ефремовского завода СК. В конкурсе участвовало 11 чел.

Результаты конкурса помогли при выборе путей сокращения простоев аппарата и уменьшения числа рабочих, обслуживающих отделение разделки блоков. Отобранные и одобренные предложения проверяются в производственных условиях.

Члены НИТО внесли 14 рационализаторских предложений, из которых 7 внедрено в производство. Экономический эффект от принятых предложений составляет 890 тыс. руб.

Ячейка НИТО на московском заводе «Станколит» систематически добивалась повышения творческой активности своих членов. За 1946 г. проведено 7 лекций-докладов высококвалифицированных специалистов. Для обмена опытом были организованы производственные экскурсии, посещения литейных цехов на заводах: ЗИС, им. Войкова, «Компрессор», «Красная Пресня», «Борец», Люберецком им. Ухтомского, Мытищинском и др. Посещение заводов позволило членам НИТО выяснить ряд интересных вопросов по борьбе с браком и рационализации технологических процессов, ознакомиться с новыми видами производства и т. д.

В печатных технических листках освещались самые разнообразные вопросы по рационализации технологии литейного производства, борьбе с браком, снижению себестоимости, повышению производительности и т. д. В газете проведена большая техническая дискуссия по вопросу сырой формовки станочного литья в III цехе.

Организован технический кабинет с технической библиотекой, где можно найти книжные новинки, а также последние номера русских и иностранных журналов. В кабинете систематически проводятся лекции, консультации и выставки.

Члены ячейки НИТО проделали ряд научно-исследовательских и экспериментальных работ. Закончена, например, работа по замене таких дефицитных крепежей (при изготовлении стержневых смесей), как масло, декстрин, — торфяным пеком. С 1 мая 1946 г. этот крепеж внедряется в производство, что позволило сэкономить (по сравнению с 1945 г.) большое количество масла и декстрина.

В своем приказе министр станкостроения тов. Ефремов дал высокую оценку указанной работе и предложил всем литейным заводам перенять опыты завода «Станколит».

Работа «Применение хромо-никелевых чугунов при плавке металла в вагранке» ставила своей целью улучшение механических свойств (и микроструктуры) чугуна для ответственного станочного литья с одновременной экономией стального лома, а также выявление возможности использования хромистого стального лома. Работа дала положительные результаты и широко внедрена в производство.

Экспериментальные работы по модификации чугуна в производственных условиях дают вполне положительные результаты.

При исследовании подбора красок для сырых форм ответственного станочного литья ставилась цель заменить в составе краски картофельную (карамельную) патоку мелясой (отходами свекло-сахарного производства).

Ячейкой НИТО проведена также большая работа по рационализации производства: внедрение закрытых прирубей, выяснение оптимальной площади при холодной заварке, внедрение металлизации для исправления внешних дефектов на литье, изучение оптимального режима работы сушильных печей на подмосковном угле и др.

Ячейка МОНИТОЭ канала Москва-Волга объединяет 88 членов. Организованы секции: энергетическая, гидротехническая и электросвязи.

<sup>1</sup> Работа ячейки Сталинградского ордена Ленина металлургического завода «Красный Октябрь» освещена в предыдущем номере журнала.

Членами ячейки проделаны следующие научно-технические работы.

Разработаны мероприятия по рационализации водно-энергетического хозяйства, экономии электроэнергии и увеличению выработки электроэнергии гидростанциями канала, резкому сокращению потребления электроэнергии на нужды канала, а также по увеличению выработки электроэнергии за счет получения новых водных ресурсов извне.

К основным мероприятиям относятся:

использование так называемого мертвого объема водохранилищ водораздельного бьефа для обеспечения Москвы водой в зимний период;

резкое сокращение расхода воды на обводнение Москва-реки;

повышение уровня воды в Ивановском водохранилище сверх проектного на спаде весеннего половодья и использование этой воды для выработки дополнительной электроэнергии;

изменение схемы эксплуатации Вышневолоцкой системы путем переброски значительной доли водных ресурсов через р. Тверцу в р. Волгу;

рациональное использование водных ресурсов Верхне-Волжского водохранилища (бейшлота), расположенного в верховьях р. Волги (район Селижарова);

переброска стока оз. Велье с Балтийского на Волжский канал.

Шефство над электрификацией колхозов в Талдомском и Дмитровском районах Московской области, принятое коллективом канала Москва-Волга и ячейкой МОНИТОЭ, стало делом их чести. Составлены проекты электрификации, проведены изыскания трассы линий электропередачи (В/В линий 35 км, И/В линий 40 км). Оказана полная техническая помощь. Ведущую роль в проведении этой работы осуществляли члены ячейки.

В результате совместных усилий коллектива энергетиков канала и ячейки МОНИТОЭ электрифицировано 30 колхозов.

В осуществление плана 1946 г. члены ячейки провели 10 научно-технических работ.

По повышению квалификации и техпропаганде проделано уже довольно много. Так, организовано 19 лекций и докладов, на которых присутствовало 640 чел., организована и работает группа кандидатского минимума из 11 чел.; 16 инженеров-гидротехников канала прослушали курсы по повышению квалификации; для 25 активистов выписаны технические журналы.

Проведены производственные экскурсии в порядке обмена опытом на энергетические и путевые сооружения Ишканской станции.

Ячейкой МОНИТОЭ и управлением канала издаются сборники «Опыт эксплуатации сооружения канала Москва-Волга». Вышел 1 и 2-й сборники, сданы в печать 3, 4, 5, 6 и 7-й, готовятся к печати 8, 9 и 10-й. «Ячейка МОНИТОЭ канала Москва-Волга в повседневной своей работе прочно вошла в производственную деятельность всех отраслей хозяйства и стала ведущим центром всей научно-технической работы, осуществляемой на сооружениях канала...

...Проводимые ею мероприятия в той или иной области работы пользуются авторитетом и доверием коллектива работников канала», — таковы признания и оценка работы ячейки со стороны хозяйственного, партийного и профсоюзного руководства канала.

Ячейка ВНИТО водников при Клайпедском морском порте и заводе портового и подъемно-транспортного оборудования. Ячейка организована в феврале 1946 г. Включившись в социальное соревнование, она значительно развернула свою деятельность.

По линии повышения научно-технического уровня регулярно проводятся доклады и лекции. Всего было организовано 6 лекций и докладов, на которых присутствовало 570 чел. Велись кружковые занятия по изучению иностранных языков (английского и немецкого), в которых принимали участие 46 чел. Организована техническая библиотека и технический кабинет.

Ячейка помогла членам Общества оформить занятия по повышению технических знаний через заочные отделения втузов морского флота. Ежемесячно выпускается стенная газета «Технический листок», где освещаются новости науки и техники.

Ячейка вовлекает своих членов в творческую работу по внедрению в производство последних достижений науки и техники, изобретений и рационализаторских предложений. С этой целью проведена техническая конференция по вопро-

сам внедрения в эксплуатацию флота новых скоростных методов обработки судов.

Ячейка НИТО взяла на себя обязательство по немедленному внедрению в жизнь принятых конференцией решений. В результате скоростные методы обработки судов нашли себе широкое применение на практике. За навигацию 1946 г. этими методами в Клайпедском морском порту обработано 179 морских судов, что дало экономии в 280 судосудов.

Деятельность ячейки по внедрению в производство новейших методов работы и достижений техники получила высокую оценку со стороны Министерства морского флота СССР.

Силами членов ячейки проведены два общественных смотра механизации в Клайпедском порту. В результате разработаны конкретные мероприятия по улучшению технической эксплуатации механизмов, по подготовке кадров механизаторов, по реорганизации центра управления всеми портовыми механизмами, по износу и ремонту деталей механизмов и пр.

Членами ячейки разрабатываются единые нормы на механические работы.

Проведена техническая дискуссия на тему «Рациональная расстановка механизмов при скоростной обработке судов», в которой участвовало 35 чел.

Ячейка уделяла большое внимание передаче и внедрению в производство передового опыта отдельных стахановцев, а также делу пропаганды новых технологических процессов. На заводе ячейка внедрила новый способ расточки коленчатых валов и другие технические усовершенствования.

Проведено свыше 30 научно-технических консультаций для работников порта и завода.

Ячейка взяла шефство над работой по изобретательству и рационализации в Клайпедском морском порту. Проведен месячник сбора предложений.

Ячейка НИТО Балахнинского бумажного комбината. Работа ячейки получила следующую оценку директора комбината т. Большакова и парторга ЦК ВКП(б) т. Буракова: «В результате развернутой работы ячейки НИТО бумажников в комбинате в 1946 г. проведены большие работы по улучшению качества бумаги, снижению целлюлозы в композиции газетной бумаги, по механизации трудоемких процессов, внедрению новой техники в производство, подготовке кадров, что способствовало перевыполнению плана газетной бумаги».

По повышению научно-технического уровня членов Общества проведены следующие мероприятия:

- 1) на протяжении всего года работали курсы по повышению технических и экономических знаний специалистов со средним техническим образованием и специалистов-практиков;
- 2) работали курсы по повышению квалификации сменных мастеров;
- 3) организованы и работают два кружка по изучению иностранных языков;
- 4) проведен цикл лекций на темы:
  - а) развитие целлюлозной и бумажной промышленности в пятилетнем плане;
  - б) пути снижения себестоимости выпускаемой продукции;
  - в) научно-технические достижения в области лесного хозяйства;
  - г) новости техники в бумажной промышленности;
  - д) новости техники в целлюлозной промышленности;
  - е) новости в машиностроении бумагоделательного оборудования.

В техническом кабинете организованы витрины новостей техники в целлюлозной и бумажной промышленности, а также наиболее эффективных рационализаторских мероприятий, сосредоточены материалы для проведения разных форм технической пропаганды и учебы (кружков, курсов, лекций и т. д.).

Собраны экспонаты по всему технологическому потоку производства. Представлены альбомы видов брака с объяснением причин их возникновения и образцов выпускаемой продукции.

На расширенном активе членов Общества было проведено две научно-технические дискуссии по проекту строительства нового блока бумажной фабрики при Балахнинском комбинате.

Обсуждены вопросы: компоновки оборудования блока; схемы очистки сточных производственных вод; механизации трудоемких работ; организации внутризаводского транспорта и складского хозяйства.

Решения технического совещания учтены Гипробумом при окончательном проектировании.

По инициативе и под руководством членов НИТО на комбинате был проведен месячник общественного смотра по рационализации и изобретательству. Всего за 1946 г. по ком-

бинату подано 292 предложения, из которых принято 131 с общим годовым экономическим эффектом на 681 тыс. руб.

Ячейка общества занималась также разработкой и внедрением в жизнь научно-технических вопросов, диктуемых производством. Закончено 15 работ: по укреплению технологического режима производства и улучшению качественных показателей выпускаемой продукции, механизации трудоемких процессов и модернизации производственных узлов комбината, освоению привозных полуфабрикатов и экономии производства.

Ячейка НИТО проводит большую работу по техническому обучению и повышению квалификации стахановцев и рабочих, по технической консультации и экспертизе, по выпуску технической странички и изданию технической литературы.

Ячейка Общества строителей при строительстве Закавказского металлургического завода признало, что хорошая работа ячейки НИТО при строительстве Закавказского металлургического завода и достигнутые ею показатели во Всесоюзном социалистическом соревновании дают основание выдвинуть ее как лучшую ячейку Общества строителей.

Успехи ячейки заключаются, прежде всего, в развернутой работе по повышению уровня научно-технических знаний членов Общества.

Было организовано 10 лекций-докладов, проведена экскурсия на строительство ХрамГЭС, организовано 7 научно-технических дискуссий по вопросам поточных методов, применения напряженно-армированных деталей и конструкций, методов бетонирования водоводов для технической воды и т. п.

Члены Общества снабжались в индивидуальном порядке технической литературой, командировались на строительную выставку, на доклады отделения строителей и металлургов.

Ячейка активно участвовала в сборе и внедрении изобретений и рационализаторских предложений. За 1946 г. на строительстве было подано 430 таких предложений с общей плановой экономией 3 098 тыс. руб.; внедрено 291 предложение при фактически полученной экономии 2 219 тыс. руб.

Из наиболее ценных внедренных предложений необходимо отметить следующие. Предложение инж. Шлыкова по изменению отметок трассы водоводов технической воды № 1 и № 2 и уменьшению объема земляных работ, что сэкономило 380

тыс. руб. Предложение инж. Апаньева по изменению сечений струенаправляющих дамб по Булагаурскому водопроводу, экономический эффект выразился в 250 тыс. руб. Уменьшение толщины стен складов оборудования по предложению инженеров Барышева и Гумберидзе, сэкономившие 98 тыс. руб. Реконструкция экскаватора «Комсомолец» по предложению тов. Шерстобатова, давшая экономию 44 тыс. руб.

Ячейка НИТО организовала конференцию рационализаторов и изобретателей, на которой участвовало 120 передовых рабочих и ИТР. Подведены итоги работы и намечен тематический план по рационализации и изобретательству на строительстве.

Кроме того ячейка провела ряд творческих научно-технических работ. Исследовательские работы по газе в области применения ее в изделиях и конструкциях позволили сэкономить лес, цемент и железо. Эти работы внедрены на строительстве.

На основе исследовательских работ выпущена инструкция по обязательному применению на строительстве заменителей олифы.

Разработана технология применения добавок (туф, пемза) в системе бетонного комбината, бетонитового завода и для изготовления пуццоланового цемента.

Ячейка проводит систематическую работу по обмену производственным опытом со многими отечественными стройками.

При прямом участии ячейки составлен проект организации строительно-монтажных работ по Закавказскому металлургическому заводу в разрезе пятилетнего плана с использованием передовых промышленных методов производства.

В результате на строительстве получили широкое применение: пустотелые утепленные плиты (железобетонные, вместо плиты ГИСа); трубы диаметром от 150 до 1 250 мм с механизацией их изготовления в металлической опалубке; пемзобетонные вкладыши и различной формы для междуэтажных и чердачных перекрытий и ряд других рациональных сборных конструкций.

Работа членов ячейки уже в 1946 г. содействовала значительно вытеснению передовой техники на заводе, почти полностью вытеснившей полукустарные методы работы. Это отмечено решением коллегии Министерства строительства предприятий тяжелой индустрии.

## В Обществе энергетиков

### Доклад по вопросу автоматизации сельских гидростанций

Ячейка Общества при Всесоюзном научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ) совместно с секцией электрификации сельского хозяйства Дома ученых Академии наук СССР 16 мая 1947 г. заслушала и обсудила доклад канд. техн. наук, старшего научного сотрудника А. А. Глебовича «Автоматизация сельских гидроэлектростанций (ГЭС)».

Тов. Глебович ознакомил собравшихся: с классификацией электростанций по степени автоматизации, с основными требованиями, предъявляемыми к оборудованию и аппаратуре автоматизируемых ГЭС, с электромеханическим регулятором напряжения и скорости вращения агрегата (системы докладчика) и со схемами автоматизации сельских ГЭС, разработанными ВИМЭ.

Основное внимание было уделено результатам лабораторных исследований простого, надежного и дешевого регулятора ВИМЭ-Г нового типа для сельских ГЭС, с нормальным синхронным генератором и с новым типом синхронного генератора ВЭИ — Юдицкого с возбуждением от селеновых выпрямителей с компаундирующим устройством. Кроме того освещены результаты испытания опытных образцов регулятора на действующих ГЭС: на Ярополецкой ГЭС Московской области (50 кВт) и на Рождественской ГЭС Ленинградской области (100 кВт). Докладчик остановился также на схемах полуавтоматической ГЭС с синхронным генератором нового типа и автоматической ГЭС с асинхронным генератором с дистанционным управлением.

Результаты лабораторных испытаний регулятора ВИМЭ-Г и четырехлетняя эксплуатация опытных образцов на двух действующих ГЭС показали надежную работу этого регулятора.

Секция местных электростанций Московского отделения общества 23 мая 1947 г. заслушала доклад председателя ячейки при ВИМЭ канд. техн. наук, доц. И. А. Сазонова — «Расчет предельной мощности короткозамкнутых электродвигателей, допустимой по условиям пуска в сетях малой мощности».

В своем докладе Н. А. Сазонов остановился на теоретических вопросах условий, сопровождающих процесс включения трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Приведены качественная и количественная характеристики и формулы, на основании которых определяются пусковой ток, падение напряжения и потеря напряжения при пуске.

В сельских условиях при питании от маломощных трансформаторов и при малых электростанциях происходит значительная потеря напряжения при пуске двигателей. Это, в свою очередь, влияет на величину пускового тока, на величину вращающего момента, развиваемого двигателем, на продолжительность пуска и на режим и устойчивость работы прочих приемников электроэнергии, особенно других асинхронных двигателей, присоединенных к тому же источнику энергии. Рассмотрены три случая: пуск двигателя от трансформатора, находящегося вблизи; то же при наличии соединительной линии между двигателем и трансформатором; пуск двигателя от синхронного генератора, не имеющего автоматического регулятора напряжения.

Разобраны случаи пуска короткозамкнутого двигателя мощностью 10 кВт, 380 в, 1 500 об/мин., присоединяемого к трансформатору 100 и 10 кВА и к синхронному генератору 100 и 15 кВА.

На конкретных примерах показано, что формулы, данные т. Болховитиным («Вестник электропромышленности», 1941, № 4) и т. Чефрановым («Энергетический бюллетень Министерства нефтяной промышленности», 1946, № 5), не могут применяться для расчета установок, питаемых от маломощных источников энергии, так как эти формулы дают ошибку до 37%.

В заключение докладчик остановился на максимально-допустимых потерях напряжения при пуске двигателей и на условиях, облегчающих пуск асинхронного двигателя от сети малой мощности.

### Всесоюзная научно-техническая сессия по светотехнике

С 16 по 21 июня с. г. в Москве проходила научно-техническая сессия по светотехнике, организованная Обществом энергетиков совместно с отделением технических наук Академии наук СССР и московским энергетическим институтом им. В. М. Молотова.

В работе сессии приняло участие свыше 400 делегатов. Заслушано и обсуждено более 30 докладов по важнейшим проблемам светотехники.

С обстоятельным докладом «Люминесценция и ее применение в светотехнике» выступил президент Академии наук СССР, академик С. И. Вавилов.

Председатель Общества энергетиков, член-корреспондент Академии наук СССР М. А. Шателен сделал доклад на тему «К столетию со дня рождения пионеров русской светотехники А. Н. Лодыгина и П. Н. Яблочкова».

В докладе засл. деятеля науки и техники, д-ра техн. наук, проф. С. О. Майзеля «Физическая схема зрительного процесса в сетчатке» изложена новейшая теория возникновения и самого процесса зрительного ощущения.

Теоретическим основам светотехники посвящены также доклады представителей Государственного оптического института, Военно-медицинской академии им. Кирова и др.

Ряд докладов касался проблем цветоведения.

Вопросы производства отражены в докладах, смыкающих науку с техникой в разделах «Источники света и световые приборы». С достаточной обоснованностью здесь доказывалось, что развитие техники искусственного освещения в СССР на ближайшее десятилетие должно базироваться на широчайшем внедрении новых люминесцентных источников света.

Проектирование и эксплуатация осветительных установок нашли отражение в докладах представителей МЭИ, Всесоюзного угольного института, Центроэлектромонтажа и др.

Интересные сообщения были сделаны на тему «Специальные осветительные и светосигнальные установки».

Кроме того следует отметить такие доклады, как: «Свет в искусстве» проф. С. О. Майзеля; «Светотехника в архитек-

туре и кинематографии» канд. техн. наук Н. В. Горбачева; «Техника освещения театральных сцен и картинных галерей» канд. техн. наук Д. Н. Назарева; «Современные вопросы акцианционной светотехники» д-ра техн. наук, проф. М. В. Соколова и др.

Весьма важные вопросы, имеющие общее значение, отражены в докладах: представителя Академии коммунального хозяйства им. Памфилова, канд. техн. наук Я. Б. Зильберблата «Состояние и перспективы развития наружного освещения городов»; засл. деятеля науки и техники, д-ра техн. наук, проф. Л. Д. Белькинда «Светотехническое образование в СССР»; засл. деятеля науки и техники, проф. С. О. Майзеля и д-ра техн. наук, проф. А. А. Гершуна «Основные направления и перспективы научно-исследовательских работ в области теоретической светотехники».

На выставке, устроенной в зале заседаний и в кулуарах, демонстрировались последние работы советских светотехников и продукция светотехнической промышленности: зеркальные лампы, отличающиеся повышенной светоотдачей; импульсные лампы, обладающие мгновенной силой света в 1 млн. свечей, люминесцентные, газосветные, специальные проекционные лампы, а также осветительные установки, разработанные для Дворца Советов, для кремлевских звезд; новые приборы и аппаратура для светового и сигнального хозяйства железнодорожного транспорта и др.

Для делегатов сессии были организованы экскурсии на московские предприятия, выпускающие светотехническую продукцию, а также на канал Москва-Волга и в Стереоскино.

В результате оживленного обмена мнениями и обсуждения заслушанных докладов сессия приняла ряд решений, в которых намечены практические мероприятия по дальнейшему развитию светотехнической промышленности и научно-исследовательской работы.

С огромным воодушевлением сессия обратилась с приветствием к вождю народов товарищу Сталину.

### Итоги Всесоюзного конкурса на лучшее предложение по экономии электрической и тепловой энергии

Экономия энергии — важнейшая государственная и народнохозяйственная задача.

Конкурсы на лучшее предложение по экономии энергии, ежегодно проводимые Министерством электростанций СССР совместно с Всесоюзным научным инженерно-техническим обществом энергетиков, являются одним из весьма действенных мероприятий в этой области. Конкурсы привлекают широкие круги рабочих, инженерно-технических работников, изобретателей и рационализаторов к изысканию и разработке новых экономичных и прогрессивных методов использования энергии.

На конкурсах рассматриваются те предложения, внедрение которых в промышленность может сэкономить энергию путем:

- рационализации энергопотребления в технологических процессах;
- введения более экономичных режимов работы и повышения к. п. д. энергоемких агрегатов;
- использования отходящих и отработанных энергоносителей (пар, воздух, вода, газ) и энергоносителей более низких параметров;
- сокращения потерь в электрических и тепловых сетях, электропечах, электротранспорте и др.;
- применение технических новшеств, новых конструкций или усовершенствования существующего оборудования, аппаратов, приборов и схем управления;
- улучшения эксплуатации и контроля над техническим состоянием энергоемкого оборудования.

Всего установлено 83 премии на общую сумму 235 тыс. руб., из них: три первых премии — по 15 тыс. руб.; пять вторых — по 10 тыс. руб.; десять третьих — по 5 тыс. руб.; двадцать четвертых — по 2 тыс. руб.; сорок пятых — по 1 тыс. руб. Срок представления предложений — 15 ноября каждого года.

Первый тур конкурса 1945 г. прошел достаточно успешно. Из 1077 представленных предложений отобрано, премировано и получило поощрение 159. Их эффективность по самым скромным подсчетам оценивается в 280—300 млн. кВт/ч годовой экономии электрической энергии и в несколько сот тысяч мегакалорий тепловой.

В начале апреля 1947 г. подведены итоги второму туру — конкурсу 1946 г. На этот конкурс поступило 1169 предложений, т. е. почти на 100 больше, чем в 1945 г. Многочисленные иногородние предложения (свыше 200 различных точек направления) говорят о широкой информации о конкурсе. Предложения поступили, например: из Владивостока, Хабаровска, Магадана — на востоке; Львова, Риги, Таллина — на западе; Мурманска, Мончегорска — на севере; Алма-Ата, Ашхабада, Батуми — на юге. На первом месте по количеству предложений стоит Москва (257), далее идут: Ленинград (140), Челябинск (99), Свердловск (77), Баку (65), Горький (50), Молотов (42) и т. д.

Все области энергетики и все отрасли промышленности и народного хозяйства так или иначе представлены поступившими предложениями. На первом месте стоят: промышленность металлообрабатывающая, черной металлургии, нефтяная, химическая, цветной металлургии; коммунальное хозяйство, транспорт. Меньшее участие приняли работники текстильной, легкой и пищевой промышленности.

Имеется много коллективных предложений, представленных группами сотрудников и инженерно-технических работников предприятий, учреждений, низовых организаций ВНИТОЭ. В этом году увеличилось число предложений научно-исследовательских институтов и учреждений.

Необходимо отметить активное участие в конкурсе отделений ВНИТОЭ и энергосбытов (в большинстве случаев объединявших свою работу): они создавали специальные комиссии содействия конкурсу и организовывали техническую помощь изобретателям и рационализаторам.

Контингент авторов весьма широк — от рабочих и учащихся средней школы до высококвалифицированных специалистов, деятелей науки и техники. Поэтому, естественно, степень разработки предложений неодинакова: наряду с весьма тщательно обоснованными имеются предложения, выраженные в нескольких словах, содержащие лишь одну мысль или идею.

Все предложения прошли предварительную и тщательную экспертизу виднейших и авторитетных специалистов. Жюри конкурса присудило 80 премий на общую сумму 200 тыс. руб. Кроме того, 27 предложений, имеющих принципиальный ин-



интерес, но требующих доработки, представлены к поощрительному вознаграждению.

Необходимо отметить, что система поощрительного вознаграждения вполне себя оправдала: в числе предложений, заслуживших высокую оценку на конкурсе 1946 г., имеется немало принципиально одобренных на конкурсе 1945 г.

Одна из первых премий присуждена старшему диспетчеру Арменэнерго В. П. Мартынову (г. Ереван) за предложение «Об улучшении водноэнергетического режима системы Арменэнерго». Сущность его сводится к установлению более экономичного водного режима Канакирской ГЭС на р. Занге и к уменьшению попусков вековых невозобновляемых запасов воды из оз. Севан.

Правилами технической эксплуатации электростанций (§ 972 ПТЭ) установлено, что «водохранилище, используемое только для суточного регулирования, должно ежедневно наполняться до нормального верхнего уровня». Такой водный режим осуществлялся на Канакирской ГЭС до реализации предложения тов. Мартынова. В результате происходил бесполезный слив воды через холостой водосброс напорного бассейна.

Вопреки указаниям ПТЭ, автор предложил изменить режим работы бассейна суточного регулирования, отказавшись от его наполнения к началу пика нагрузки. Это резко снизило бесполезные сливы воды и тем увеличило выработку электроэнергии. Предложение осуществлено Арменэнерго, в результате чего достигнута экономия в попусках воды из оз. Севан при перевыполнении плана выработки электроэнергии в системе.

Предложение автора одобрено Техсоветом Министерства электростанций и рекомендовано к реализации в аналогичных случаях в других энергосистемах. В постановлении Техсовета говорится: «Отметить, что опытом Арменэнерго доказана целесообразность работы высоконапорных гидростанций со сниженным горизонтом бассейнов суточного регулирования. В связи с этим считать желательным уточнить № 972 ПТЭ».

Эффективность предложения тов. Мартынова определяется для одной Канакирской ГЭС в несколько десятков миллионов *квт/ч* дополнительной выработки электроэнергии.

Первая премия присуждена также т. т. В. В. Петрову и В. Ф. Соустину, предложившим новую светопропускную систему для кинопроекторных аппаратов, с применением специально разработанной и сконструированной лампы с плоской спиралью. Это предложение может найти применение как в кинопроекторных, так и в других проекторных установках.

Протоколы лабораторных испытаний подтверждают правильность идеи и ее практическую целесообразность. При увеличении яркости изображения на экране достигается экономия электроэнергии больше чем в два раза. При исключительно большом количестве передвижных и стационарных киноустановок в СССР переход их на новую систему даст значительную экономию электроэнергии — около 25 млн. *квт/ч* в год.

Вторые премии присуждены:

1. Коллективу Кировского завода (г. Челябинск) за комплекс различных технологических мероприятий и усовершенствований, проведенных в механосборочном цехе завода и значительно сокративших расход электроэнергии.

Эти мероприятия можно разбить на следующие группы:

а) экономия электроэнергии при замене нескольких станков одним (специальным), при переводе обработки на более экономичные станки, при увеличении загрузки станков (специальные приспособления для увеличения одновременно обрабатываемых деталей и введения комбинированного инструмента);

б) экономия электроэнергии при уменьшении припусков у обрабатываемых деталей, при изменении техпроцесса обработки деталей, при изменении конструкций (ее упрощении или применении комбинированного инструмента);

в) экономия электроэнергии от сокращения холостых ходов.

2. Тов. И. М. Левченко за разработанную им конструкцию всасывающего аппарата с принудительной подкачкой грунта. Это предложение является доработкой прежнего, получившего принципиальное одобрение на конкурсе 1945 г.

В ноябре 1946 г. было произведено испытание опытного образца, давшее положительные результаты. Аппарат Левченко должен найти широкое применение при работах по гидравлической выемке и транспортировке грунта, значительно сокращая расход энергии.

3. Тов. В. Н. Косточкину за предложение, связанное с повышенным к. п. д. тяго-дутьевых установок, что должно значительно снизить расход электроэнергии на собственные нужды электростанций.

Повышение к. п. д. тяго-дутьевых установок достигается за счет увеличения скорости движения газа в вентиляторе и путем установки отдельного диффузора на выходном патрубке кожуха вентилятора. При этом кожух рассматривается только как коллектор. Автор теоретически доказывает, что можно подобрать такой размер кожуха, при котором уменьшение потерь на удар газов при повышении скорости газа будет больше, чем увеличение при этом потерь на трение. Следовательно, общий к. п. д. повышается.

Как показали опытные установки, к. п. д. может достигнуть 70—75%, что значительно выше существующего в настоящее время.

Из предложений, удостоенных третьих премий, следует отметить:

1. Предложение т. т. О. А. Мошанского и И. А. Творогова (г. Горький) — замена отжига ленты в печах колокольного типа отжигом в рекуперативных башенных электропечах непрерывного действия. Эффективность предложения определяется экономией 200 тыс. *квт/ч* электроэнергии в год на каждую печь.

Так как в Советском Союзе имеются десятки печей колокольного типа, общую эффективность предложения можно определить экономией в несколько миллионов *квт/ч* в год.

2. Предложение коллектива автозавода им. Сталина — мероприятия по рационализации металлообрабатывающих процессов, одновременно дающие значительную экономию энергии.

Эти мероприятия разделяются на следующие 5 основных групп:

а) экономия электроэнергии при изменении технологии за счет перевода ряда изделий с механической обработки резанием на высокоточную высадку;

б) экономия сжатого воздуха за счет применения сопел из твердых сплавов для пескоструйных камер и аппаратов;

в) внедрение новой технологии производства литых тисов (без последующей обработки) для строительства метро;

г) замена ацетилена саратовским газом при резке металлов;

д) применение новой технологии отливки штампов с применением армирования форм.

3. Предложение т. т. Ю. Е. Ефремовича, В. Г. Прокошина, А. Я. Лернера, А. М. Федорова, Н. П. Бушманина и Л. А. Болдовского. Сущность его сводится к модернизации (двухскоростное регулирование и обратная жесткая связь, изменяющаяся по ходу плавки) автоматической регулировки электродов дуговых печей, в которых используется контактное управление.

Опыты применения такой регулировки на 10-тонной электропечи Кузнецкого металлургического завода показали, что продолжительность расплавления сокращается на 12%, а удельного расхода энергии — на 11 *квт/ч*.

4. Предложение И. М. Несклепаева (г. Горький), связанное с улучшением геометрии режущего инструмента и заключающееся, в основном, во внедрении двойной передней грани. Предложение весьма эффективно, так как повышает производительность металлорежущего оборудования и вместе с тем снижает расход электроэнергии.

5. Предложение коллектива завода «Большевик» — замена обычного фрезерования металлических изделий скоростным, основанным на весьма высоких скоростях резания, за счет изменения геометрии режущего лезвия фрезы. При обычном фрезеровании основные элементы геометрии режущего лезвия фрезы — передний угол и угол спирали — выбирались положительными. При скоростном же фрезеровании эти углы установлены отрицательными.

6. Предложение тов. В. А. Троицкого (г. Свердловск) — применение индукционного нагрева при сборке тяжелых деталей. Принцип индукционного нагрева не нов, но до сего времени широкого распространения и практического применения не получил. Автор предложил и осуществил индукционный нагрев деталей в цехе сборки тяжелых буровых установок Уралмашзавода.

Эффективность предложения чрезвычайно высока, расход электроэнергии сокращается во много раз.

7. Работа т. А. И. Карабина (г. Нижний Тагил), представляющая комплекс оригинальных мероприятий, успешно разрешающих вопрос сокращения компрессорного воздуха. Она может быть рекомендована для широкого внедрения и распространения на литейно-механических, машиностроительных и металлургических заводах.



Преобладающее количество премированных предложений связано с рационализацией технологических процессов. Это лишний раз подтверждает, что именно в технологии надо искать основные резервы и источники экономии энергии.

Подводя итоги конкурса, можно признать, что он прошел с несомненным успехом и дал много ценных предложений. Их внедрение сможет сэкономить стране большое количество энергии. Необходимо лишь энергичное и активное участие

министерств в скорейшем использовании принятых предложений.

Значение конкурса далеко не исчерпывается внедрением принятых предложений. Оно заключается также и в том, что в процессе проведения конкурса творческая мысль многочисленных советских энергетиков была сосредоточена на вопросах экономии энергии.

## В Обществе городского электротранспорта

(Обзор некоторых научно-технических работ, выполненных в 1946 г.)

Из 33 научно-технических работ, выполненных Обществом, общетехнический интерес имеют следующие:

«Сорокдвухместный троллейбус» и «Серия троллейбусов новейшей конструкции». Работы выполнены ячейкой Мостроллейбус под руководством канд. техн. наук Васильева Г. И. Был разработан троллейбус со следующими габаритами: длина 11 000 мм, ширина — 2 650 мм, высота — 2 900 мм. Вместимость 82 места (43 для сидения и 39 для стоящих пассажиров). Общество городского электротранспорта решило разработать технические задания для нового типа троллейбуса. Вопрос был поставлен шире — создать не одну машину, а серию троллейбусов, производство которых базировалось бы на стандартных деталях с наименьшим осложнением в производстве и удовлетворяло бы транспортные нужды различных городов и маршрутов. В результате была разработана серия троллейбусов, которая предусматривала производство следующих типов машин:

- 1) трехосных одноэтажных, длиной 12 735 мм, вместимостью максимально 129 пассажиров и весом (тара) 10,5 т;
- 2) двухосных одноэтажных троллейбусов, длиной 11 100 мм на 109 пассажиров, весом 8,2 т;
- 3) трехосных двухэтажных троллейбусов, длиной 12 735 мм, весом 13 т, на 174 пассажира;
- 4) двухосных двухэтажных троллейбусов длиной 11 100 мм, на 109 пассажиров, весом 8,2 т.

Ширина машин всех типов — 2,6 м; высота одноэтажных — 2,9 м, двухэтажных — 4 450 мм. На основании разработанных Обществом материалов и указаний эксплуатационников из треста Мостроллейбус завод разработал рабочий проект основного типа нового советского троллейбуса, который имеет цельнометаллический кузов, удобную кабину для водителя и компактное расположение электрооборудования. Размеры кузова получились — по длине 10 305 мм, по ширине 3 615 мм, по высоте 3 670 мм; вместимость 104 пассажира (для сиденья 39 мест, для стоящих пассажиров максимально 65 мест); вес 8 800 кг. Машина находится в производстве и в скором времени появится на улицах Москвы.

Внимательное изучение работниками завода элементов троллейбусного кузова и его оборудования показало возможность постройки кузова трамвайного вагона из тех же стандартизованных элементов и узлов троллейбуса. Четыре пробных трамвайных вагона уже построены из таких элементов в производственном потоке троллейбусных кузовов. Этим положено начало реальной возможности серийного производства унифицированного электроподвижного состава для всего городского электротранспорта.

«Автоматический трамвайный путеизмеритель» инж. Плехотского и Найдича. Проектная работа и вся техническая документация выполнена группой членов Общества под руководством авторов. Постройка путеизмерителя идет на одном из заводов МПС. В области автоматического измерения железнодорожного пути русские техники всегда шли впереди. Еще в 1913 г. русский инж. Долгов предложил, а в 1914 г. построил для Екатерининской ж. д. первый путеизмеритель, который производил непосредственное и автоматическое измерение состояния рельсовой колеи с непрерывной записью показаний на бумаге. Подобные путеизмерители за рубежом появились значительно позже. Отечественный путеизмеритель является последним словом техники в этой области, — он производит непрерывное измерение со скоростью движения пассажирских вагонов и записывает на бумажной ленте следующие показания: 1) отклонение ширины колеи, в масштабе 1 : 1; 2) локальные просадки рельсового пути для каждой нити в масштабе 1 : 1; 3) вертикальные и горизонтальные точки в масштабе 1 : 1; 4) взаимное расположение обоих рельсовых

потоков в вертикальной плоскости, в масштабе 1 : 2; 5) отмечает пройденное расстояние через каждые 100 и 1 000 м; 6) отмечает протекшее время через каждые 6 сек.

Механизмы и измерительные приборы монтируются на прицепном 4-осном вагоне типа КП, который может быть прицеплен к любому моторному вагону и следовать за пассажирскими поездами без нарушения графика движения.

Работа «Влияние газовой резки на прочность трамвайных рельсов» выполнена бригадой Общества под руководством П. И. Соколовского. Проведены сравнительные испытания рельсов, в которых отверстия получены путем прожигания, сверления и методом пробивки специальным дыропробивателем. Как установлено, при прожигании отверстий получается закаленный мартенситный слой глубиной 2 мм. Вполне естественно ожидать, что при циклической нагрузке, которую испытывает ослабленное отверстием сечение рельса, будут развиваться трещины и разрушения усталостного характера. Очагами разрушения служат микротрещины, сравнительно легко образующиеся в хрупком закаленном слое. Авторы не ограничились фиксацией картины разрушений и исследованиями макро- и микроструктуры, но проверили также влияние различных методов получения отверстий на усталостную прочность рельсов.

Испытания рельсов, проведенные на машине Лозенгаузен с пульсатором на 40 т с частотой 165 циклов в минуту, позволили построить кривые выносливости. Как видно из кривых, предел выносливости весьма резко понижается при прожигании отверстий бензорезом.

Авторы приходят к выводу о преимуществах механических методов получения отверстий в рельсах по сравнению с прожиганием.

«Исследование механических напряжений в тьюбингах метрополитена при помощи проволочных электро-экстензометров». Работа проводилась под руководством ст. научного сотрудника В. И. Заломихина. Прибор был изготовлен для измерения (и визуального наблюдения при помощи магнито-электрического миллиамперметра) механических напряжений в тьюбингах при помощи электрических тензометров сопротивления и электронным усилителем. 12 тензометров были наклеены по 6 штук на предзамковый и следующий за ним тьюбинг «СС». Тензоэлементы были расположены на продольных ребрах тьюбингов с внутренней стороны. Контрольный измерительный мост был образован из четырех балансировочных тензоэлементов. Первая попытка балансировки моста оказалась безрезультатной вследствие весьма низкой изоляции элементов относительно тьюбингов — 50—60 тыс. ом вместо 1 мегома и более. Балансировка удалась только после сушки мест приклеивания тензометров при помощи паяльной лампы. Напряжение для питания моста поддерживалось равным 6 в, а сети — 110 в. Замеры производились три раза. Внутреннее напряжение в тьюбингах оказалось равным 700—800 кг/см<sup>2</sup>.

Испытание тьюбингов метрополитена электрическими тензометрами с электронным усилителем показало полную пригодность последних для измерения механических напряжений в тьюбингах непосредственно в тоннелях. Для измерения напряжения в болтах тензометры будут единственно возможными приборами. Электрические тензометры могут дать действительную и полную картину распределения механических напряжений в любых местах замера, недоступных для других методов измерения. Кроме того, метод позволяет замерять любые динамические нагрузки, меняющиеся с периодической частотой 400—500 в сек.

При измерениях необходимо обратить самое серьезное внимание на процесс наклеивки тензометров, на температурный режим и влажность воздуха.

## В Обществе сварщиков

Конференция по вопросу подготовки инженеров-механиков по сварке была организована Обществом совместно с Комитетом по делам высшей школы при Совете Министров СССР.

На конференции были заслушаны доклады:

- 1) д-ра техн. наук, проф. Г. А. Николаева «Развитие сварки в СССР в ближайшие годы»;
- 2) действительного члена Украинской Академии наук К. К. Хренова «Подготовка инженеров-сварщиков»;
- 3) проф. А. С. Огневского «Подготовка по сварочной технике инженеров не сварочной специальности»;
- 4) д-ра техн. наук, проф. Е. М. Кузмак «Подготовка аспирантуры по специальности сварочного производства».

По вопросу учебных планов и программ по специальности «Сварочное производство» на конференции выступили д-р техн. наук, проф. Н. О. Озерблом (Ленинградский политехнический институт), А. А. Алексеев (Ленинградский электротехнический институт), А. А. Алоя (Московский авиационно-технологический институт), А. С. Вейс (Вечерний машиностроительный институт) и др.

Для коренного улучшения дела подготовки научных и технических кадров конференция признала необходимым осуществление следующих мероприятий:

1. Обеспечить прием на сварочные специальности не менее 300 чел. в год, из них в МВТУ им. Баумана не менее 100 чел.
2. Пересмотреть учебные планы подготовки, усилив дисциплины, способствующие повышению теоретического уровня знаний студентов (физическая химия, физика вольтовой дуги, тепловые основы сварочных процессов, их металлургия, термическая обработка металлов).
3. Исключить из учебного плана дисциплины, не имеющие отношения к подготовке инженеров-сварщиков.
4. Всемерно усилить практическую подготовку по сварке, в особенности по сварке на автоматах, обеспечив условия, при которых каждый инженер-сварщик имел бы квалификацию рабочего сварщика не ниже третьего разряда; одну практику обязательно проводить в цехах с высоко развитой автоматикой процесса или в цехах, имеющих современное контактное оборудование.
5. Обязать кафедры требовать от дипломантов, помимо науч-

ных исследований, разработки, по крайней мере, одного узла установки для автоматической или контактной сварки.

Считать целесообразным возобновить на сварочной специальности дипломное проектирование по сварным конструкциям — проект сложного узла машины или сооружения и технологический процесс их изготовления, а также проектирование электро- и газосварочного оборудования новейших систем.

6. Развивать научную работу по сварке, для чего укрепить материальную базу вузов; обратить особое внимание на целесообразность выполнения научных работ по сварке совместно с другими кафедрами; в первую очередь проводить научные исследования по вопросам: изучения электро-газосварочного оборудования и проектирования принципиальных новых систем и установок; физико-химических, металлургических и тепловых процессов, происходящих при сварке, обращая особое внимание на вопросы специальной стали и цветных металлов; деформации и прочности сварных конструкций, рациональных методов проектирования автоматических процессов сварки, контроля всевозможных материалов, применяемых при электрической и газовой сварке.

7. Укрепить аспирантуру по сварочной специальности и довести прием аспирантов, как минимум, до 20—25 человек.

8. Реорганизовать учебно-сварочные лаборатории при вузах, обеспечив их новейшими типами сварочного оборудования.

9. Принять меры к изданию курса электрической сварки и курса сварных конструкций, а также пересмотреть учебную литературу по металлургии сварочных процессов.

10. Разработать вопрос относительно целесообразности организации специального вуза по подготовке инженеров-сварщиков.

11. Организовать подготовку инженеров с уклоном по сварочной специальности путем создания сварочных курсов во вузах: авиационно-технологических, строительных, кораблестроительных, нефтяных, транспортных.

12. Обеспечить подготовку инженеров по проектированию электросварочного оборудования и его эксплуатации в энергетическом и электро-техническом вузах.

13. Принять меры к повышению квалификации инженеров-сварщиков по вопросам сварки путем организации соответствующих курсов.

## В Обществе литейщиков

25—26 апреля с. г. в Доме ученых состоялось совещание, созванное Всесоюзным комитетом по связующим материалам Общества литейщиков. На совещании обсуждались итоги работы Комитета за год его существования.

Были заслушаны шесть основных докладов, посвященных принципиальным вопросам изучения, систематизации и внедрения новых связующих стержневых материалов для литейных цехов, и одиннадцать содокладов по итогам освоения этих материалов на заводах. В работе совещания приняло участие около 100 чел.

Д-р техн. наук, проф. П. П. Берг (ЦНИИТМАШ) проанализировал основные пути, по которым должен идти выбор связующих средств. В докладе указывается, что техническая и экономическая целесообразность заставляют требовать организации производства связывателей специально для литейных цехов.

В докладе председателя Комитета инж. А. М. Месс и главного инженера ЦНИЛ Союзремлиты И. Б. Куманина были даны дополняющие друг друга классификации связующих материалов и стержней. Общим выводом из этих докладов является утверждение, что любой стержень может быть приготовлен без растительного масла при условии правильного выбора состава стержневой смеси и заменителя масла. Приведен фактический материал, позволяющий решить эту задачу для различных групп стержней применительно к разным видам литья.

Канд. техн. наук И. Ф. Колобков (ВИАМ) дал подробный анализ зарубежных связующих материалов, причем показал, что составы, разработанные в СССР, в ряде случаев не только не уступают, но и превосходят иностранные.

Доклад канд. техн. наук Л. Я. Резини (ЦНИЛ СРЛ) был посвящен водорастворимым связующим материалам. Докладчик вскрыл огромные возможности по повышению качества связывателей и, в частности, показал, что основной материал (расходуемый ежегодно многими десятками тысяч тонн) — сульфитно-спиртовая барда (Министерство вкусовой промышленности) — может быть резко улучшен путем правильной организации его производства. Необходимо облагораживать барду и, кроме того, выпускать ее в виде порошка.

Были заслушаны содоклады о внедрении: разработанного ЦНИЛ Союзремлиты «Реметалла» (докладчик завода № 45); разработанной ВИХМом искусственной смолы «М» (канд. техн. наук Баранов); крепежа завода «Красный химик» — «Бифтал» (инж. В. И. Волков, завод им. Войкова); комбинированного крепежа ЦНИЛ СРЛ (канд. техн. наук Скомоходов, «Станколит»); сланцевой смолы (инж. Н. А. Орлов, Ленинградская лаборатория СРЛ); окисляемых нефтепродуктов (инж. Я. Г. Поляков, Оргавтопром) и др.

Был заслушан также доклад Е. И. Колотилина, начальника Центральной лаборатории завода имени Сталина, о новом методе применения безводных стержневых смесей, позволяющем использовать материалы с низким связующим действием для самых сложных и ответственных стержней.

## Библиография

### Аннотации трудов Общества пищевиков

за 1946 год

1. Канд. техн. наук, инж. В. М. Волохвянский. Непрерывно действующие диффузионные аппараты. — ВНИТО пищевой промышленности, Институт усовершенствования и подготовки ИТР, Москва, 1946, тираж 1000 экз.

Работа посвящена непрерывно действующим секционному диффузионным аппаратам, которые начинают находить практическое применение в сахарной, консервной, витаминной, табачной и других отраслях пищевой промышленности.

Освещены разработанные автором: теория секционных ступенчато-противоточных диффузий, технологические принципы действия диффузионных аппаратов и методы расчета их главных параметров.

2. Справочник по заготовке сахарной свеклы. Под редакцией С. Е. Фридмана. — Главное управление сахарной промышленности Министерства пищевой промышленности СССР и ВНИТО пищевой промышленности, Москва, 1947, тираж 3000 экз.

Сборник составлен бригадой членов ВНИТО пищевой промышленности А. И. Мироненко, Э. В. Гофлин, Е. Б. Горбуновой, А. Г. Приходько, под редакцией агронома С. Е. Фридмана и инж. К. А. Пасечника.

В книге собраны основные действующие постановления правительства, инструкции и положения о мерах по поднятию урожайности, заготовке, приемке и хранению сахарной свеклы.

3. Сборник материалов по вопросам оплаты труда на промышленных предприятиях Главсахара. — Всесоюзное научное инженерно-техническое общество пищевой промышленности, Институт усовершенствования и подготовки ИТР, 1947, тираж 2000 экз.

Сборник составлен бригадой членов ВНИТО пищевой промышленности Л. И. Патлах, Б. Я. Шпинель, К. А. Пасечник, под редакцией главного инженера Главсахара М. В. Николаева.

В книге освещены вопросы: 1) Тарифные ставки и должностные оклады; 2) Положения о прогрессивно-премиальной оплате труда; 3) Повышение зарплаты в связи с некоторым повышением пайковых цен.

4. Устройство и содержание производственных и подсобных цехов сахарных заводов. — Всесоюзное научное инженерно-техническое общество пищевой промышленности, Институт усовершенствования и подготовки ИТР, 1946, тираж 2000 экз.

Сборник составлен бригадой членов ВНИТО пищевой промышленности Л. И. Патлах, Б. Я. Шпинель и К. А. Пасечник, под редакцией главного инженера Главсахара М. В. Николаева.

5. Д-р техн. наук, проф. Ю. М. Жвирблиянский. Краткое руководство по осуществлению рационального метода кристаллизации утфеля II продукта. — Институт усовершенствования и подготовки ИТР членов ВНИТО пищевой промышленности и Центральный научно-исследовательский институт сахарной промышленности. Москва, 1946, тираж 1100 экз.

Рациональный метод кристаллизации утфеля II продукта, разработанный в ЦИНСе проф. Ю. М. Жвирблияским, значительно повышает степень истощения меляссы и, следовательно, увеличивает выход сахара.

Книга является учебным пособием для заочного обучения инженеров-технологов и химиков — слушателей института усовершенствования и подготовки ИТР, членов ВНИТО пищевой промышленности.

6. Д-р техн. наук проф. Ю. М. Жвирблиянский. Переоборудование мешалок — кристаллизаторов II продукта на непрерывно действующие с противоточным охлаждением утфеля. — Институт усовершенствования и подготовки ИТР членов ВНИТО пищевой промышленности и Центральный научно-исследовательский институт сахарной промышленности, Москва, 1946, тираж 2000 экз.

В работе освещена простейшая схема переоборудования существующих на заводах мешалок периодического действия на непрерывно действующие в батарее с противоточным охлаждением утфеля.

Осуществление схемы проф. Жвирблиянского на заводах дало положительные результаты. Получено более глубокое истощение меляссы, более легкое регулирование температуры утфеля и значительное сокращение расхода воды на охлаждение.

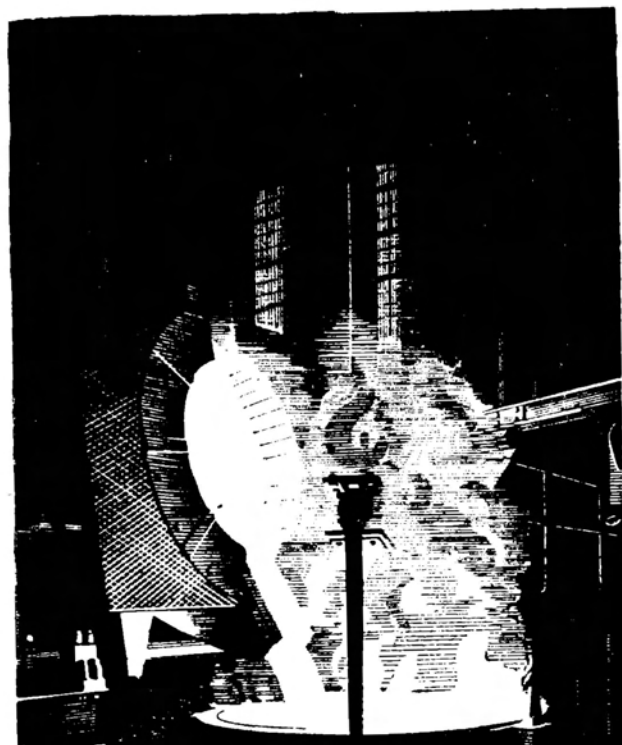
Книга является учебным пособием для заочного обучения слушателей Института усовершенствования и подготовки ИТР, членов ВНИТО пищевой промышленности.

7. Проф. В. П. Муравьев. Защита сахарной свеклы от кагатного гниения. — Главное управление сахарной промышленности Министерства пищевой промышленности СССР и Всесоюзное научное инженерно-техническое общество пищевой промышленности, Москва, 1947, тираж 2000 экз.

В книге содержатся краткие основные научно-технические положения, внедрение которых в промышленность обеспечит уменьшение потерь сахара при хранении свеклы.

Материал предназначен для руководящих агротехнических и инженерно-технических работников сахарной промышленности и рекомендуется в качестве учебного пособия по заочному Институту усовершенствования и подготовки ИТР пищевой промышленности.

# ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ НАДЕЖНЫЙ МАТЕРИАЛ СТАЛЬ САНДВИК



Подробные сведения о нашем производстве, облегчающие выбор нужного материала, Вы можете получить в нижеследующих каталогах, изданных на русском языке:

Экз.

|                                                                                     |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Транспортеры со стальной лентой .....                                               | ..... |
| Стальные ленты для транспорта пищевых продуктов .....                               | ..... |
| Справочник по стальным бесшовным трубам .....                                       | ..... |
| Сталь САНДВИК. Картина производства в снимках важнейших изделий .....               | ..... |
| Буровая сталь САНДВИК .....                                                         | ..... |
| Нелегированное магнитное железо САНДВИК .....                                       | ..... |
| Сталь САНДВИК для постоянных магнитов .....                                         | ..... |
| Нержавеющая проволока САНДВИК .....                                                 | ..... |
| Сталь серебрянка САНДВИК .....                                                      | ..... |
| Холоднокатаная ленточная сталь САНДВИК .....                                        | ..... |
| Мембранная сталь САНДВИК .....                                                      | ..... |
| Сталь САНДВИК для деталей текстильных машин .....                                   | ..... |
| Сталь САНДВИК для деталей конторских машин .....                                    | ..... |
| Сталь САНДВИК для компрессорных клапанов .....                                      | ..... |
| Сталь САНДВИК для автомобильных деталей .....                                       | ..... |
| Ленточная сталь САНДВИК для пил .....                                               | ..... |
| Ленточная сталь САНДВИК для измерительных инструментов .....                        | ..... |
| Сборник докладов: .....                                                             | ..... |
| О лесозаготовках и инструменте для них .....                                        | ..... |
| О нержавеющей стали и их применении .....                                           | ..... |
| О холодной прокатке ленточной стали .....                                           | ..... |
| О механической обработке, о ферромагнитных сплавах и о порошковой металлургии ..... | ..... |
| Горные буры КОРОМАНТ .....                                                          | ..... |
| Опыт применения на горных разработках буров, армированных твердыми сплавами .....   | ..... |
| Инструкция по правке пил со скалывающим зубом .....                                 | ..... |

## Подготавливаются к печати

|                                                       |       |
|-------------------------------------------------------|-------|
| Нержавеющие трубы САНДВИК .....                       | ..... |
| Нержавеющая сталь САНДВИК .....                       | ..... |
| Пружинная сталь САНДВИК .....                         | ..... |
| Сталь САНДВИК в зубоветрической технике .....         | ..... |
| Сталь САНДВИК для часовой промышленности .....        | ..... |
| Руководство по транспортерам со стальной лентой ..... | ..... |

Каталоги высылаются бесплатно

Укажите количество экземпляров нужных вам каталогов, заполните адресную карточку и пришлите аннонс нам по адресу:

Учреждение, или имя и фамилия .....

.....

Улица и № дома .....

.....

Город .....

**ШВЕЦИЯ — САНДВИКЕН**  
**САНДВИКЕНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД**

**SANDVIKENS JERNVERKS AKTIEBOLAG — SANDVIKEN**

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил  
монетации внешней торговли