

диссипация которых связана с раскачкой мелкокомпа-  
штатных неустойчивостей.

В работе А. И. Анисимова и др. исследовалось  
взаимодействие сильного СВЧ-поля с плазмой в режиме  
электронного циклотронного резонанса при волно-  
водном способе подведения энергии к плазме.

В заключение следует отметить отличную органи-

зацию симпозиума Институтом физики АН ГрузССР.  
Он, несомненно, внес ценный вклад в развитие физики  
коллективных взаимодействий и способствовал укрепле-  
нию творческих контактов между физиками, работа-  
ющими в этой области.

Д. Д. РЮТОВ, С. Д. ФАНЧЕНКО

## Научно-техническая конференция по физике и технологии высокого и сверхвысокого вакуума

В июне 1966 г. в Ленинграде состоялась конферен-  
ция по физике и технологии высокого и сверхвысокого  
вакуума, организованная Комитетом по вакуумному  
аппарату и приборостроению совместно с Министер-  
ством электронной промышленности СССР.

На конференции были рассмотрены: 1) физика  
процессов сорбции и конденсации в вакууме; 2) новей-  
шие разработки сверхвысоковакуумных насосов  
и установок; 3) вопросы измерений сверхвысокого  
вакуума; 4) технология и оборудование для откачки  
электровакуумных приборов.

Большая группа докладов была посвящена обобщен-  
ию экспериментальных исследований сорбции газов  
пленками титана и поверхностно-активными веще-  
ствами — цеолитами, углями, гелями. В частности,  
в работе М. И. Виноградова и др. показано, что коэф-  
фициент прилипания азота для непрерывно возобнов-  
ляемой титановой пленки в диапазоне температур  
473—77° К монотонно возрастает, достигая значений,  
близких к единице. Максимальное заполнение поверх-  
ности азотом наблюдается при атомном соотношении  
титана и азота ~2 : 1. Г. Ф. Ивановский и др. сооб-  
щили о полученных изотермах сорбции азота и окиси  
углерода конденсированными пленками титана при  
77 и 293° К (рис. 1) и о зависимостях количества моле-  
кул газа, поглощаемых 1 см<sup>2</sup> геометрической поверх-  
ности пленки, от испаренной массы титана.

Знание полученных констант позволяет обоснованно  
подойти к расчету титановых испарителей и к опре-  
делению плотности остаточного газа в вакуумных  
установках при различных параметрах плазмы или  
ускоренных частиц. Указанные доклады представляют  
также самостоятельный интерес с точки зрения термо-  
динамики и кинетики взаимодействия паро-газовых  
смесей с поверхностью твердого тела.

Из докладов, посвященных вопросам вакуумной  
откачки поверхностно-активными веществами, необхо-  
димо отметить работу М. Ф. Федоровой, содержащую  
большой экспериментальный материал по изотермам  
сорбции и равновесным давлениям одноатомных и моле-  
кулярных газов (Н<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, He, Ne, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ar, Kr, Xe,  
СН<sub>4</sub>, СО) над углями, цеолитами, силикагелем в диа-  
пазоне температур 4,2—90° К. Результаты этой работы  
дают исходные данные для инженерных расчетов сорб-  
ционных откачных устройств. В докладе А. И. Волч-  
кевича и др. описано впервые полученное аналитиче-  
ское выражение для давления над адсорбентом при  
постоянном натекании для основных форм гранул  
и показано, что диффузия газа в сорбенте при этих  
условиях характеризуется линейным возрастанием дав-  
ления во времени и параболическим распределением  
давления по толщине зерна. Предложенная М. В. Гну-  
чевым и др. методика графо-аналитического расчета  
адсорбционных насосов с использованием изотерм

сорбции для двух температурных областей — около 77  
и 293° К — позволяет более точно по сравнению  
с известным ранее методом учесть влияние начальных  
вакуумных условий в системе на предельный вакуум  
насосов.

Участники конференции проявили большой интерес  
к сообщению о разработанной А. А. Романовым и др.  
«ржавой» сорбционной ловушке для паромасляных  
насосов на базе окисно-гидроксильных комплексов  
железа, которая эффективно защищает рабочий объем  
от миграции паров масла и позволяет без применения  
жидкого азота получить в объеме, откачиваемом про-  
мышленным диффузионным насосом, стабильное дав-  
ление порядка  $1 \cdot 10^{-8}$  торр.

Интересные доклады по «криозахвату» неконден-  
сируемых газов были представлены В. Б. Юферовым  
и др. и Г. А. Блиновым с сотр. В первой работе полу-

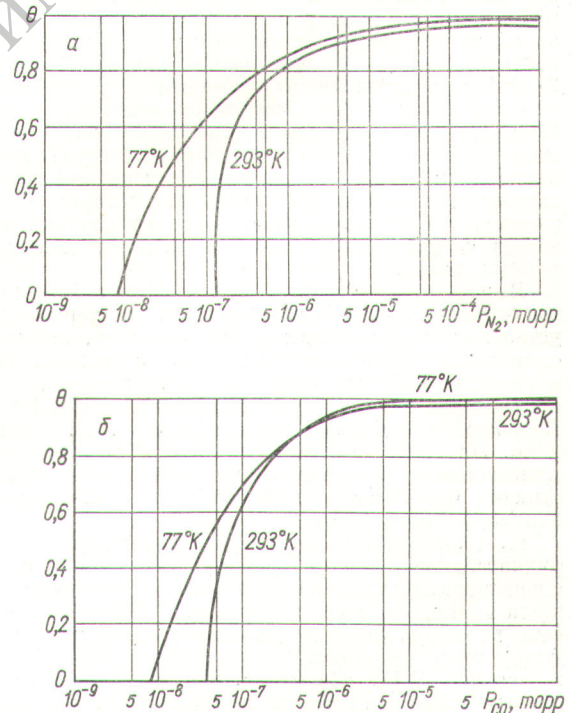


Рис. 1. Изотермы сорбции азота (а) и окиси угле-  
рода (б) конденсированными пленками титана:

$\theta$  — степень заполнения газом истинной поверхности  
пленки;  $P$  — равновесное давление.

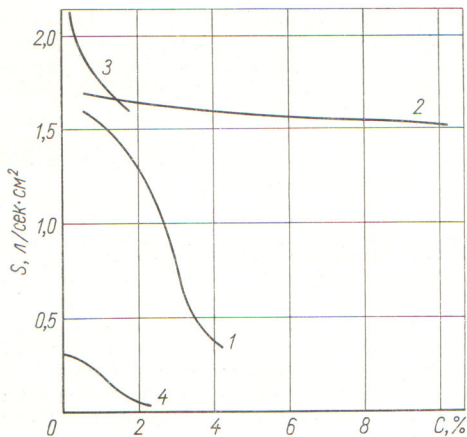


Рис. 2. Зависимость удельной быстроты откачки  $S$  от концентрации  $C$  газа в слое:

1, 2 — водород в двуокиси углерода при 20 и 14 °К соответственно; 3 — водород в конденсате водяного пара при 20 °К; 4 — неон в двуокиси углерода при 20 °К.

чены изотермы и изостеры сорбции водорода и неона на конденсатах воды, двуокиси углерода и аргона, а также измерены быстрота откачки (рис. 2) и коэффициенты прилипания при различных температурах и концентрациях сорбируемых газов. Показано, что сорбция конденсатом двуокиси углерода наиболее эффективна. Во второй работе изучалась сорбция азота, кислорода, аргона и воздуха конденсированным водяным паром в диапазоне давлений  $1 \cdot 10^{-4}$  —  $2 \cdot 10^{-8}$  торр. Получены изотермы сорбции и зависимости быстроты откачки от скорости конденсации. Показано, что посредством «криозахвата» лучше всего откачивается аргон, затем азот и воздух, хуже — кислород. Быстрота откачки гелия и водорода не превышает 0,01 л/сек. Представленные материалы показывают, что «криозахват» в некоторых случаях оказывается эффективным способом откачки неконденсируемых газов.

Весьма перспективным при создании безмасляных вакуумных систем ускорительных и термоядерных установок может оказаться, по-видимому, применение «холодных» диффузионных насосов с использованием в качестве рабочего тела двуокиси углерода, конденсирующей на охлаждаемых жидким азотом стенках. Подобный насос описан в докладе А. Б. Цейтлина и др. На экспериментальной модели насоса получено минимальное давление  $3 \cdot 10^{-7}$  торр при быстроте откачки 650 л/сек (по воздуху) и высоком значении вакуум-фактора (0,6).

Н. Н. Багров и др. представили теоретико-экспериментальный анализ работы вакуумной системы с водородным и гелиевым крионасосом; в случае цилиндрической камеры со сферическим объектом и торцовым расположением крионасоса найденные значения коэффициента возврата\* для компонент воздуха равны в среднем 0,15. На основании экспериментальных данных вычислены также коэффициенты прилипания

\* Коэффициент возврата характеризует вероятность возвращения на объект молекул, покинувших его ранее, после столкновения со стенками камеры и служит мерой вакуумной добротности камеры.

Коэффициент прилипания некоторых газов

Газ	Температура крионасоса, °К	Коэффициент прилипания
Азот	20	0,67
	4,2	0,65
Аргон	20	0,63
	4,2	0,67
Воздух	20	0,67
	4,2	0,63
Водород	4,2	0,10

некоторых газов (см. таблицу), знание которых необходимо для расчета криогенных систем откачки.

В нескольких докладах рассматривались отдельные аспекты проблемы обеспечения сверхвысокого вакуума в ускорителях заряженных частиц и экспериментальных термоядерных установках. Например, в работах [Е. С. Боровика], Н. П. Катрича и Г. Т. Николаева изучались процессы взаимодействия быстрых (35 кэВ) ионов водорода с металлическими поверхностями (нержавеющая сталь, Ni, Ti, Ta) и измерялись константы сорбции и внедрения водорода. Показано, что на коэффициент внедрения влияет преимущественно диффузия внедренного водорода в глубь металла и на поверхность и последующая десорбция молекулярного водорода. В области температур ~78° К обнаружено пороговое значение концентрации (порядка одного-двух атомов водорода на один атом металла), при превышении которого наблюдается заметный рост коэффициента диффузии. Сделан важный вывод о зависимости скорости самопроизвольной десорбции водорода от констант его химической связи с бомбардируемыми металлами. Измерены зависимости коэффициентов внедрения быстрых ионов в металлические поверхности от концентрации внедренных частиц, материала и температуры мишеней (рис. 3). Полученные результаты представляют несомненную ценность при проектировании магнитных ловушек и анализе процессов взаимодействия атомных частиц с поверхностью твердых тел.

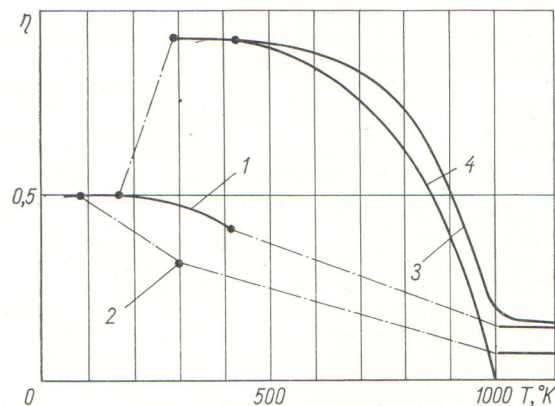
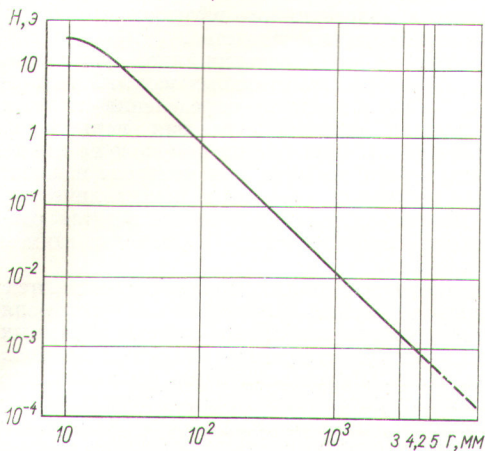


Рис. 3. Зависимость коэффициентов внедрения быстрых ионов водорода  $\eta$  от материала и температуры мишеней:

1 — нержавеющая сталь; 2 — Ni; 3 — Ti; 4 — Ta.



Р и с. 4. Магнитное поле электроразрядного насоса типа НЭМ-300 вне магнита.

В результате исследований Ф. И. Бусола и др. определена оптимальная форма сверхзвукового сопла для формирования в вакууме молекулярных пучков с резкими границами. Так, для сверхзвуковой струи  $\text{CO}_2$  на расстоянии 150 мм от оси достигнуто давление  $3 \cdot 10^{-8}$  торр при давлении в центре струи  $3 \cdot 10^{-2}$  торр. Полученные результаты важны, в частности, для создания плотных перезарядных мишеней.

В докладе Г. Л. Саксаганского и др. представлены экспериментальные данные по газодиффузионным характеристикам облученных стеклопластиков в связи с проблемой высоковакуумной откачки электронного синхротрона на 7 Гэв. Показано, что удельная газопроницаемость по гелию тонких (0,7—2 мм) пластин из стекловолоконистых анизотропных материалов медленно возрастает с увеличением дозы до  $5 \cdot 10^3$  Мрад, достигая величины  $(5 \div 8) \cdot 10^{-11}$  л·торр·мм/сек·см<sup>2</sup> (при перепаде давлений 1 торр).

Существенное значение при проектировании вакуумных систем ускорителей могут иметь результаты проведенных О. И. Никишиной с сотр. измерений пространственной картины магнитных полей серий-

ного электроразрядного насоса НЭМ-300 (рис. 4). Авторы установили, что на расстоянии 20 см от поверхности магнитов поле не превышает 1 э.

Конструктивные и эксплуатационные характеристики комплексных сверхвысоковакуумных систем с азотитной системой откачки были описаны Ю. М. Пустовойтом и др. («Огра II») и Г. А. Блиновым с сотр. (электронные ускорители на встречных пучках ВЭП-1 и ВЭШ-2).

Среди представленных работ по измерению сверхвысокого вакуума необходимо отметить доклад Е. А. Пенчко об ионизационном манометрическом преобразователе МИ-25 типа датчика Хаустона для диапазона давлений  $3 \cdot 10^{-7} - 10^{-14}$  торр с предельной чувствительностью 0,3 а/торр, достигаемой в режиме постоянного суммарного тока катода и экрана. В докладе Л. Е. Левинной и дискуссионных выступлениях подчеркивалась актуальность дальнейшей научно-методической разработки вопросов обнаружения течей и обеспечения герметичности вакуумных систем.

Обсуждался также вопрос о целесообразности дальнейшего использования единиц давления в качестве характеристики вакуума как рабочей среды. В выступлениях А. М. Григорьева, М. А. Гуляева и других участников конференции подчеркивалось, что применение этих единиц физически не оправдано, так как эффект взаимодействия остаточных газов с объектом эксперимента (поверхность твердого тела, корпускулярные пучки и т. п.) определяется не механическим воздействием — давлением, а иными факторами, например: концентрацией частиц остаточного газа, длиной свободного пробега, частотой столкновений и т. п. Были высказаны предложения о детальном обсуждении этой проблемы и проведении научно-исследовательских изысканий по выбору оптимальных характеристик вакуума и измерению малых газовых потоков в различных вакуумных системах, в том числе далеких от термодинамического равновесия.

Группа докладов и сообщений была посвящена безмасляным системам откачки электровакuumных приборов и экспериментальным исследованиям влияния остаточных газов на параметры ламп.

Большая часть из 58 представленных на конференцию докладов будет опубликована в сборнике «Физика и техника сверхвысокого вакуума» в начале 1968 г.

Г. САКСАГАНСКИЙ

## О применении радиоизотопных методов и приборов для контроля и автоматизации технологических процессов в машиностроении

Радиоизотопные методы и приборы технологического контроля и регулирования находят все более широкое применение на машиностроительных заводах страны. Так, например:

1. На вырубных прессах московского завода «Динамо» установлены радиоизотопные блокирующие устройства СШТ-1, с помощью которых автоматически останавливается пресс в случае подачи под штамп сразу двух листовых заготовок или одной заготовки большей толщины, а также в случае попадания рук рабочего в опасную зону. Устройство СШТ-1 обеспечивает контроль листовых заготовок толщиной 0,2—1 мм при скорости штамповки до 250 заготовок в минуту.

На Невском машиностроительном заводе им. В. И. Ленина на ковочных прессах установлены радиоизотопные блокирующие устройства СШТ-11, позволяющие значительно повысить точность изготовления поковок. Так, если при ковке вала диаметром 630 мм раньше давался допуск  $\pm 11$  мм, то с внедрением установки СШТ-11 та же поковка изготавливается с допуском  $\pm 4$  мм. Благодаря повышению точностиковки и уменьшению допусков вес выпускаемых поковок снижается в среднем на 2—5%. Кроме того, автоматизация измерения поковок и управления прессом дает возможность увеличить пропускную способность прессы в среднем на 10%.