

## Online-курс по вакуумной технике и технологии

Ю.В. Панфилов, С.В. Сидорова, С.Б. Нестеров  
Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2-я Бауманская ул., 5,  
E-mail: panfilov@bmstu.ru

Дано понятие online-курсов в современных образовательных технологиях, проанализированы основные достоинства вакуумной технологической среды, даны ключевые понятия вакуума и молекулярно-кинетической теории газа, описаны эффекты взаимодействия потоков электронов и ионов с твердым телом, перечислены области применения вакуумной техники и технологии в современном производстве.

*Online-course on vacuum technology. Y.V. Panfilov, S.V. Sidorova, S.B. Nesterov. The concept of online-courses in modern education technologies is presented. The main advantages of vacuum technological environment are analyzed. The key conceptions of vacuum and molecular kinetic theory are given. The main effects of electron and ion streams interaction with substrate are described. The main fields of vacuum technology usage in modern industry are enumerated.*

### Введение

В современной образовательной среде большую популярность приобретает дистанционное, онлайн-обучение при помощи Интернета через доступ к компьютеру, планшету и даже смартфону. Во всем мире учебные заведения и компании выбирают внедрение электронного образования для обучения студентов и работников. Преподаватели и репетиторы создают собственные курсы и проводят вебинары (от англ. webinar – «интерактивный семинар»).

История появления дистанционного образования начинается с 1700-х годов. В 1728 году Калейб Филипс подал в бостонскую газету объявление о наборе студентов для изучения стенографии в любой точке страны путем обмена писем [1]. Это послужило началом образования на расстоянии – дистанционного образования.

В работе [2] приведено много примеров дистанционного образования «по почте». Например, в Берлине в 1856 году был организован институт заочной формы образования, где обучение проводилось рассылкой писем с учебным материалом и контрольных работ. Первым дистанционным учебным заведением в США стал университет Чикаго в 1892 году.

С появлением телевидения в 1950-х годах развились и приобрели популярность телевизионные курсы. С изобретением Интернета произошел неоспоримый скачок вперед в образовательных технологиях. Большинство справочников, учебников, монографий доступны через Интернет. Для ответа на интересующий вопрос достаточно ввести его в строку поиска любого сайта-поисковика.

В России началом появления дистанционного образования следует считать 30 мая 1997 года, когда вышел приказ №1050 Минобразования России «О проведении эксперимента в области дистанционного образования».

В настоящее время грань между традиционным и дистанционным образованием исчезает, так как большинство людей (учеников, студентов, слушателей) все чаще и чаще прибегают к помощи Интернета. В связи с быстрым развитием технологий темпы развития информационных технологий и дистанционного образования тоже ускоряются. Активный рост дистанционного обучения в мире ощущался с начала 2000-х годов, когда совершенствовались и становились более доступными Интернет-технологии.

Большим преимуществом онлайн-обучения является то, что студент (пользователь) сможет не тратить время на дорогу, проживание и т.д. Достаточно зарегистрироваться на сайте и получить доступ к интересующим дисциплинам. Время обучения и скорость освоения знаний пользователь сможет выбрать самостоятельно.

Следует отметить особенность онлайн-образования – ограничение контактов студента с преподавателем. Многие источники относят эту особенность к недостаткам онлайн-курсов. Как

нам кажется, все достоинства и недостатки онлайн-образования не следует рассматривать в контексте отделения от людей, их потребностей и возможностей. Каждый человек выбирает сам по своим возможностям то, что ему ближе, удобнее, доступнее во всех отношениях.

Поэтому такая возможность – получить знания и навыки с наименьшими временными и материальными затратами, гибко подстраивая свое образование под образ жизни и потребности – имеет право на существование.

#### **Возможность применения онлайн-образования для проведения практических занятий**

В 2015 году в России был инициирован проект по созданию «Национальной платформы открытого образования». В настоящее время платформа «Открытое образование» представляет курсы по базовым дисциплинам из ведущих вузов страны: МГУ им. М. В. Ломоносова, МГТУ им. Н. Э. Баумана, МФТИ, НИУ ВШЭ, НИТУ «МИСиС», СПбГУ, ТГУ, ТюмГУ, УрФУ.

Проект ориентирован на широкое сотрудничество между университетами. Университетам предоставляется возможность получать полную информацию об успеваемости своих студентов, при необходимости обеспечивать их методическое сопровождение и участвовать в проведении контрольных мероприятий, выполняя функцию идентификации личности. Если студент успешно сдает экзамены, ему будет предоставлено документальное подтверждение результатов обучения – сертификат [3].

Помимо базовых дисциплин, интерес представляет создание онлайн-курсов по специальным дисциплинам, где студенты овладевают навыками самостоятельной работы на лабораторном оборудовании (технологическом, исследовательском).

Возможность применения онлайн-курсов для реализации практических занятий и лабораторных работ имеет некоторые отличия. В этом случае возможно организовать двухступенчатое (а иногда и трехступенчатое) обучение: онлайн-курс использовать в качестве самостоятельной подготовки студента к лабораторной работе, а проведение лабораторной работы осуществлять с помощью специально разработанного симулятора лабораторного оборудования.

Так, для курса по вакуумной технике и технологии важно обучить студентов азам работы на технологическом вакуумном оборудовании. Для этого подготовлен онлайн-конспект теоретического материала по курсу, где приведены основные понятия, определения и описание составных частей вакуумного оборудования. Удаленно студент готовится по этому онлайн-курсу, удобно распределяя свое время.

#### **Вакуумные технологии и их роль в развитии промышленности**

К вакуумным технологиям в полной мере относятся электронные, ионные и плазменные технологии, т.е. процессы обработки материалов высокоэнергетическими потоками частиц (электроны, ионы, молекулы), газоразрядной плазмой и излучениями (оптическое, гамма, рентгеновское) [4]. Первоначально вакуумные технологии были отработаны в электронной промышленности для проведения различных технологических процессов изготовления электронных приборов, однако многие из этих процессов вышли далеко за рамки электронных технологий. Среди них наиважнейший – вакуумирование, получение разреженной среды (вакуума) в замкнутых объемах, в которых вакуум и атмосферное давление стали выполнять не вспомогательную, а основную роль в получении конечного изделия.

Появилась потребность в сверхчистых конструкционных материалах и методах их контроля, в технологических воздействиях с микро- и нанометровым диапазоном точности, чему традиционные технологии машиностроения и приборостроения удовлетворять не в состоянии.

Столетиями в сфере производства при получении конструкционных материалов и их обработке не подвергалось сомнению господство двух технологических сред – атмосферной и жидкостной. Однако, сверхчистые материалы не могут быть получены в атмосфере из-за растворения загрязняющих газов в объеме и на поверхности. Их химический состав и свойства поверхности не могут быть должным образом оценены из-за поверхностной адсорбции паров и

газов. Традиционные инструменты формообразования и размерной обработки резанием и пластическим деформированием имеют прочностные пределы миниатюризации и обеспечить микрообработку не в состоянии. А потоки электронов и ионов, поддающиеся необходимой фокусировке в атмосфере функционировать не могут. Нанесение гальванических покрытий и иные технологические методы формирования защитных свойств поверхностного слоя были возможны лишь в токсичных жидких или высокотемпературных паровоздушных средах с экологически опасными стоками и выбросами.

Коренной перелом в решении проблем качества стал возможным благодаря новой технологической среде – вакууму, куда в настоящее время «уходят» многие «традиционные» технологические процессы. Плавка в вакууме позволяет получать особо чистые металлы, без раковин и загрязнений. Сварка в вакууме избавляет от коррозионной хрупкости сварные швы и точки соединения. Вакуумная упаковка продуктов позволяет длительно сохранять все необходимые свойства, сушка в вакууме взамен высокотемпературной атмосферной не приводит к разложению веществ и образованию токсичных выбросов.

Вакуумная техника и электронные технологии дали путевку в жизнь многим принципиально новым процессам: нанесение тонкопленочных покрытий, электронно-лучевая размерная микрообработка, «сухое травление» ионными потоками или газоразрядной плазмой, микролитография, контроль в вакууме с помощью потоков частиц размеров микроструктур, химического состава и физических свойств поверхности материалов.

### Структура online-курса по вакуумной технике и технологии

**Раздел 1.** История развития и современное состояние вакуумной техники и технологии, в том числе определение вакуума как рабочей среды для электронных технологий и нанотехнологий, понятие давления газа, тепловой скорости молекул газа (рис. 1), объема газа и количества молекул, ударяющихся в единицу времени о единицу поверхности, длины свободного пробега молекул, определение степени вакуума, основное уравнение вакуумной техники, средства получения вакуума и основные параметры вакуумных насосов, средства измерения вакуума, растворимость и диффузия газов в твердом теле, теплопроводность газа и т.п.



## Давление газа

**Давление газа** – отношение нормальной составляющей силы, действующей со стороны газа на ограничивающую поверхность, к площади этой поверхности.

$$v_z = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad \text{Наиболее вероятная скорость движения молекул газа}$$

$$v_a = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}, \quad v_a = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \quad \text{Средняя арифметическая скорость}$$

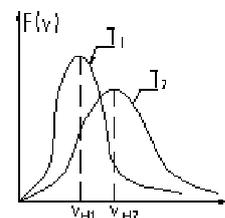
$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m}}, \quad v_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n}} \quad \text{Средняя квадратичная скорость}$$

**Соотношение скоростей молекул:**  
 $v_n : v_a : v_k = 1 : 1,13 : 1,22$

$$E = \frac{mv_k^2}{2} = \frac{3}{2} kT, \quad \text{Средняя кинетическая энергия молекулы}$$

$$p = nkT = \frac{2}{3} n\bar{\epsilon} \quad \text{Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов}$$

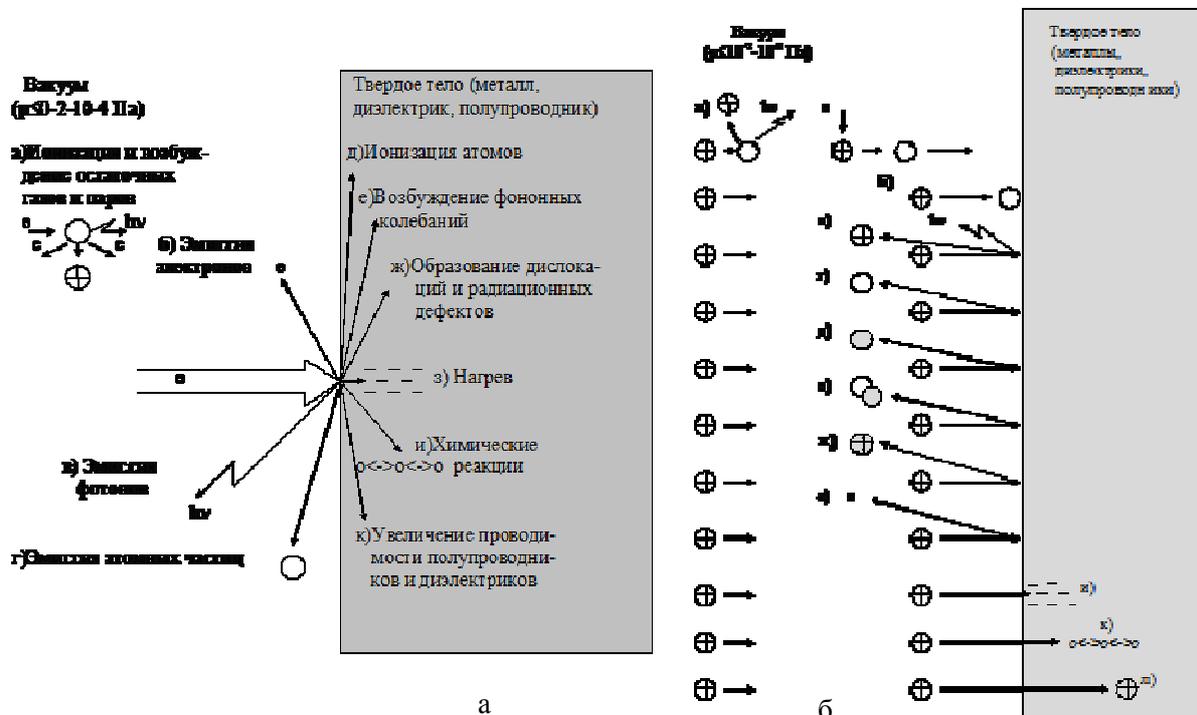
$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_i = \sum_{i=1}^i P_i, \quad \text{Полное давление смеси газов}$$



**Функция распределения молекул газа по скоростям  $F(v)$**  – вероятность того, что молекула имеет абсолютную скорость  $v$ ;  
 $v_{H1}, v_{H2}$  – наиболее вероятные скорости молекул для температур  $T1$  и  $T2$

Рис.1. Пример слайда по изучению вакуумной техники.

Раздел 2. Электронные, ионные и плазменные технологии. Формирование электронных потоков. Формирование ионных потоков. Формирование атомарных и молекулярных потоков. Взаимодействие электронных потоков с материалами. Взаимодействие ионных потоков с материалами (рис. 2). Газоразрядная плазма.



*Рис.2. Эффекты взаимодействия электронного (а) и ионного (б) пучка с твердым телом.*

Раздел 3. Вакуумные технологии (рис. 3) в производстве электровакуумных и полупроводниковых приборов, в космической технике, в машиностроении, в металлургии, в энергетике, в строительстве, в химии и нефтехимии, в биологии и медицине, в пищевой промышленности. Вакуумное аналитическое оборудование. Вакуумные нанотехнологии. Вакуумный поезд.

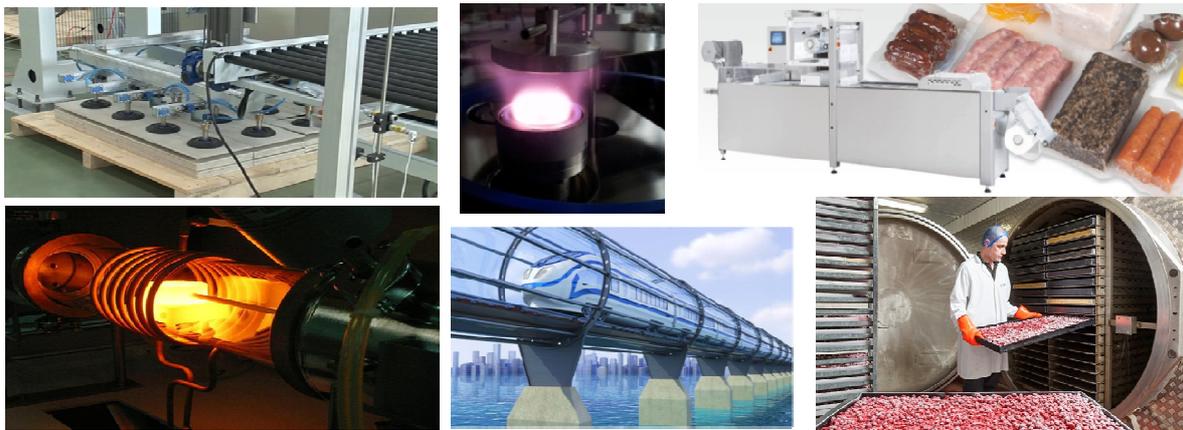
Раздел 4. Методика проведения лабораторных работ по вакуумной технике и технологии в режиме удаленного доступа включает в себя изучение теоретических основ вакуумной техники и технологии тонких пленок, изучение устройства и принципа действия лабораторной вакуумной установки, овладение умением управлять установкой с помощью встроенного в систему симулятора. Сдав тест и получив допуск к лабораторной работе, студенты, находясь в компьютерном классе, приступают к выполнению лабораторной работы в режиме удаленного доступа (рис. 4).

**Система удаленного доступа к технологическому оборудованию**

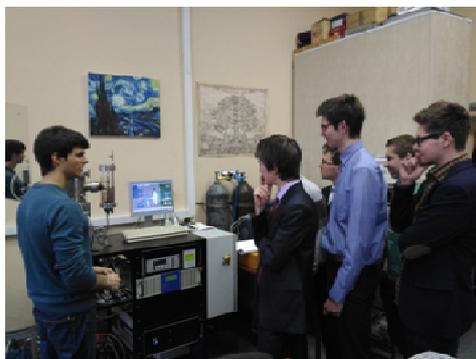
Для обеспечения удаленного доступа к оборудованию была разработана специальная программа – сервер удаленного доступа [5]. Система автоматического управления вакуумной установкой подключается через драйвер сопряжения к системе удаленного доступа. Драйвер сопряжения является промежуточным звеном между оборудованием и сервером удаленного доступа. Он имеет четкую спецификацию описания форматов контролируемых и управляющих сигналов, через которые взаимодействует с системой. Реализация взаимодействия с реальной системой автоматического управления скрыта внутри драйвера. Такое решение позволяет подключать фактически любое технологическое оборудование, оснащенное системой управления, написав к ней драйвер, соответствующий спецификации системы удаленного

доступа, без изменения функционала программной части комплекса. Общая схема организации удаленного доступа к оборудованию описана в работе [6].

В качестве реальной установки может выступать и виртуальный симулятор оборудования, который также подключается через аналогичный драйвер. Виртуальный симулятор позволяет полностью имитировать работу, создавая у пользователя ощущение, будто он работает с реальным оборудованием. Этот вариант не требует присутствия оператора, позволяет одновременно проводить несколько виртуальных экспериментов и может использоваться для учебных целей. При работе с оборудованием как в режиме удаленного доступа в реальном масштабе времени, так и в режиме виртуального симулятора реализуются общие методики и алгоритмы за исключением операций, требующих ручных действий на стороне оборудования, например, установки подложки.



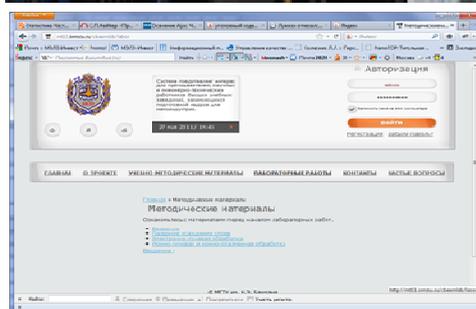
*Рис. 3. Некоторые области использования вакуумной техники: закрепление заготовок, нанесение покрытий, упаковка продуктов, плавка металла, вакуумный поезд, сублимационная сушка фруктов.*



а



б



в

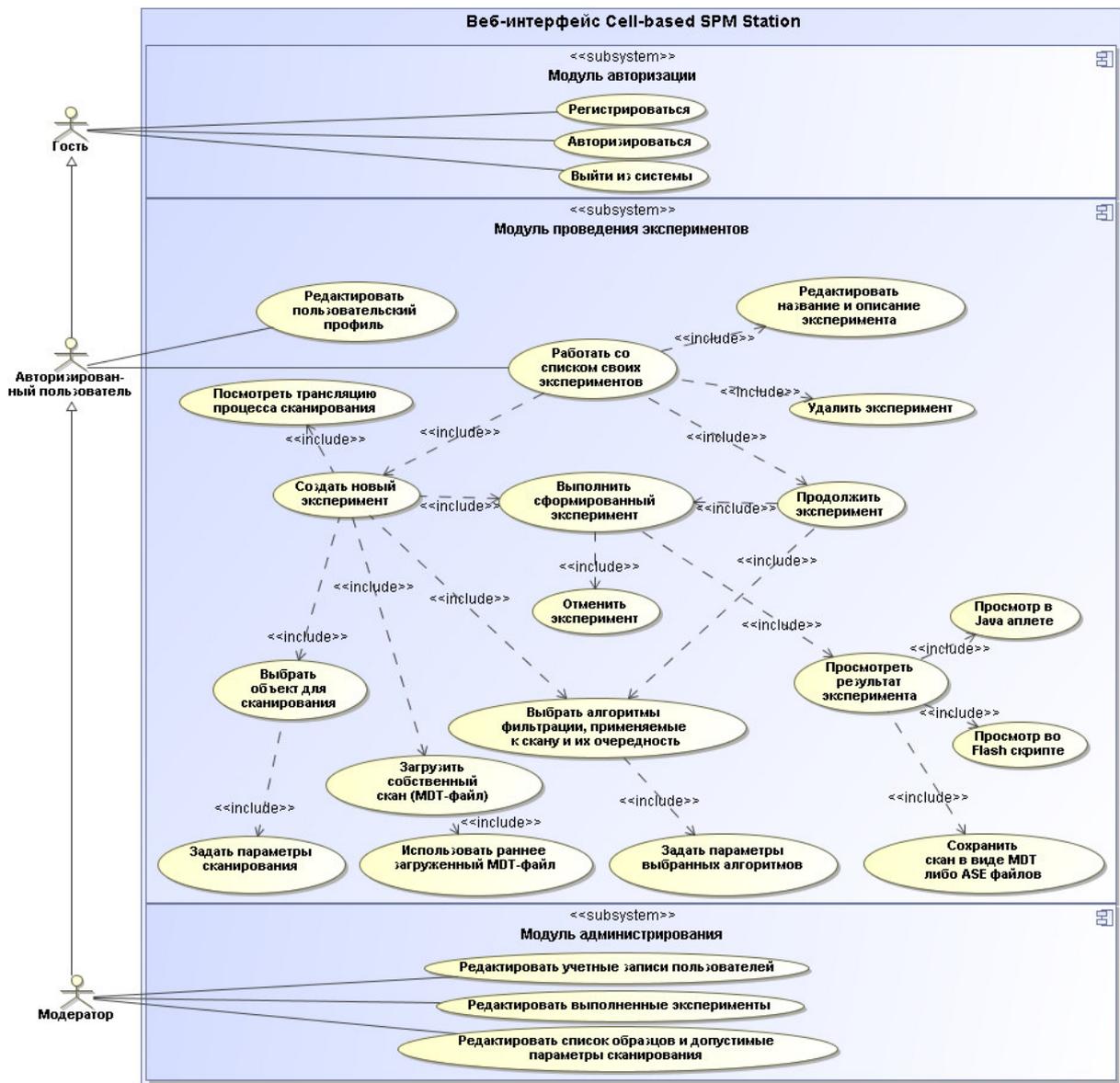


г

*Рис. 4. Знакомство с установкой в лаборатории (а), изучение принципа действия установки (б) и методики выполнения лабораторной работы (в), индивидуальное выполнение лабораторной работы в компьютерном классе (г).*

На рис. 5 представлена диаграмма вариантов использования системы online-обучения. На диаграмме представлены три категории пользователей: «Гость», «Авторизированный пользователь» и «Модератор», у каждого из которых прописана определенная роль пользователя. Пройдя авторизацию, посетитель получает возможность работать с собственным списком экспериментов, который включает в себя историю предыдущих экспериментов. Он может редактировать их описание, удалять неинтересные ему эксперименты, продолжить приостановленный эксперимент, а также создавать новый.

При создании нового эксперимента у «Авторизованного пользователя» есть два пути получения экспериментальных данных. Первый заключается в загрузке собственного файла, описывающего процесс формирования покрытия, и симуляция процесса нанесения в режиме виртуального симулятора. Второй – в проведении технологического процесса формирования тонкопленочного покрытия путем удаленного задания параметров процесса нанесения через интерфейс программного комплекса.



*Рис. 5 Диаграмма вариантов использования системы online-обучения*

В первом случае пользователь сможет наблюдать виртуальный эксперимент, который будет симулирован системой online-обучения. Во втором случае при реальном нанесении тонкопленочного покрытия у пользователя будет возможность посмотреть трансляцию процесса с веб-камеры, установленной на вакуумной установке.

Процесс нанесения покрытий требует проведения ряда технологических операций, которые не могут быть выполнены в режиме удаленного доступа. К таким операциям относятся: подготовка образца, установка мишени или образца материала для источника нанесения, установка образца на подложкодержатель, включение установки и подготовка ее к работе в режиме удаленного доступа.

### **Заключение**

Несмотря на то, что система образования должна быть консервативной (нельзя мгновенно поддаваться на новомодные веяния, не проверенные временем), она должна реагировать на появление новых образовательных технологий и на так называемые «реалии времени», к которым можно отнести Интернет и нехватку времени, причем как у студентов, так и у преподавателей. Поэтому, появление удаленного обучения, online-курсов является «велемием времени» и неизбежной формой учебного процесса в высшей школе.

Классическая форма получения знаний через лекции, семинары, лабораторные работы все больше сталкивается с человеческим фактором – с личностью преподавателя, который должен быть не только специалистом в своей области, но и человеком, умеющим увлечь студентов своим предметом. В противном случае студенты «голосуют ногами» - попросту не ходят на занятия (кроме лабораторных работ), причем без особой боязни быть отчисленными, т.к. закон о высшем образовании позволяет брать академический отпуск по нескольку раз, а вузам не выгодно отчислять студентов из-за так называемого «подушного» финансирования.

Система online-обучения хорошо действует в западных университетах, где студенты не привязаны расписанием занятий к датам их проведения и к конкретным преподавателям, а также к срокам оценки знаний и к фамилии экзаменатора. Используется система независимой оценки знаний, т.е. преподаватель, читающий лекции или ведущий семинары не принимает экзамены. Приживется ли такая система у нас – пока большой вопрос, но попробовать надо, причем с учетом особенностей и преимуществ организации учебного процесса в наших университетах по сравнению с западными университетами.

Эти преимущества во многом обусловлены философским подходом к организации учебного процесса в России, сформулированные российским философом прошлого века В.В. Розановым, который условно разделит образование на «реальное» и «истинное». Под первым он понимал получение знаний и умений, необходимых для применения их на практике, а под вторым – развитие умственных способностей человека. Поэтому, с нашей точки зрения, нам необходимо найти разумное сочетание старых и новых форм организации учебного процесса, например, считать назначением online-обучения реализацию «реального» образования, а «истинное» образование студенты должны получать при личном общении с преподавателем на лекциях, семинарах и при выполнении научной работы.

### **Литература**

1. Пьянников М.М. К вопросу об истории дистанционного образования // Педагогика и психология, 2011. № 5. С. 119–123.
2. Петькова Ю.Р. История развития дистанционного образования. Положительные и отрицательные стороны МООС // Успехисовременноеестествознания, 2015. № 3. С.199–204.
3. Интернет-ресурс: <http://iproed.ru> (дата обращения 03.06.2018).
4. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение. Технология, оборудование и системы управления в электронном машиностроении. Т.III-8 / Ю.В. Панфилов, Л.К. Ковалев, В.А. Блохин и др.; Под общ. ред. Ю.В. Панфилова. 2000. 744 с.

5. Панфилов Ю.В., Колесник Л.Л., Рябов В.Т., Моисеев К.М., Сидорова С.В. Интерактивный учебно-научный модульный комплекс для выполнения работ по формированию наноструктурированных тонкопленочных покрытий с использованием современного высоковакуумного оборудования и его виртуального симулятора / Интерактивные учебно-научные комплексы для выполнения работ в режиме удаленного доступа: Учебно-методическое издание (сборник – каталог) / Под общ.ред. В.В. Лучинина и А.Г. Савченко; СПбГЭТУ «ЛЭТИ». СПб., 2012. 300 с.
6. Колесник Л.Л., Панфилов Ю.В., Рябов В.Т., Сидорова С.В. Реализация удаленного доступа к вакуумному технологическому оборудованию / Вакуумная наука и техника // Материалы 24-й научно-технич.конфер. с участием зарубежных специалистов, Судак, 2017 С. 171 – 175.

## Десять лучших инновационных продуктов выставки «VacuumTechExpo 2018»

*С. Б. Нестеров*

*Москва, Российское научно-техническое вакуумное общество им. академика*

*С.А. Векшинского*

*E-mail: sb.nesterov@vacuum.org.ru*

*Приведено краткое описание лучших инновационных продуктов выставки вакуумного оборудования «ВакуумТехЭкспо 2018».*

*The Russian Vekshinski scientific technical vacuum society. S.B.Nesterov. The best innovative products of the VacuumTechExpo 2017. S.B.Nesterov. The description of 10 best innovative products of the Exhibition „VacuumTechExpo 2018“ is given here.*

24 – 26 апреля 2018 года в Москве, в КВЦ «Сокольники» проходила очередная XIII международная выставка вакуумного оборудования «VacuumTechExpo 2018». Организатор выставки Международная Группа компаний ITE лидер по организации выставок в России, входит в пятерку ведущих выставочных компаний мира. Выставка проводилась при поддержке Российского научно-технического вакуумного общества им. академика С.А. Векшинского».

В этом году в выставке приняли участие 70 компаний из 8 стран. Участники продемонстрировали вакуумные насосы и камеры, вакуумметры, преобразователи давления, вакуумную арматуру и установки для нанесения функциональных покрытий, вакуумные печи и сушильные шкафы, а также крионасосы, криоловушки и кулеры. На выставке было представлено много новинок оборудования российского и зарубежного производства, которые вызвали интерес потенциальных покупателей – специалистов, заинтересованных в выборе оборудования для предприятий различных отраслей российской промышленности.

В очередной раз проводился конкурс «Лучший инновационный продукт в сфере высоких технологий».

В соответствии с определением инновационный продукт – результат инновационной деятельности (нововведение, инновация), получивший практическую реализацию в виде нового товара, услуги, способа производства (технологии) или иного общественного результата.

Победителями конкурса стали 10 инновационных продуктов, которые были отмечены памятными призами. Эти 10 продуктов отражают современный уровень и тенденции развития мировой и отечественной вакуумной техники и технологии.