

Микроэлектроника США: инициативы и подходы к совершенствованию национальной системы подготовки кадров

А. Брыкин¹, д. э. н., М. Макушин²

УДК 621.37 | ВАК 05.13.10

Дальнейшее развитие экономики, ее переход на цифровые технологии во многом обеспечиваются микроэлектронной промышленностью. Эта капиталоемкая отрасль в своем развитии требует значительного числа высококвалифицированных специалистов в различных областях науки, технологии, техники и математики. Стремительное развитие микроэлектроники и политика правительства США, направленная на возвращение производств перспективных интегральных схем на свою территорию, обострили внутренний кадровый дефицит в стране, что на фоне 20% нехватки трудовых ресурсов у ведущих мировых производителей микроэлектроники потребовало реализации новых инициатив и подходов на всех уровнях управления, от корпоративного до государственного.

В США вопросам подготовки высококвалифицированных кадров для полупроводниковой промышленности совместно с Министерством труда и рядом других правительственных ведомств занимаются как заинтересованные фирмы, так и их ассоциации. В стране действуют специальные программы для учащейся колледжей, университетов, а также компаний и ассоциативных структур. Важную роль в развитии микроэлектроники США традиционно играет иммиграционная политика государства.

Микроэлектронная промышленность США является важнейшим источником комплекующих для более, чем 300 секторов экономики, на долю которых приходится более 26 млн занятых. В самой отрасли на территории страны непосредственно занято более 277 тыс. человек (НИОКР, проектирование и производство). В смежных отраслях занято еще 1,6 млн человек. Таким образом, на каждого занятого в отрасли приходится дополнительно 5,7 рабочих мест.

Микроэлектронный бизнес в США отличается большой маржинальностью, что обеспечивает высокую заработную

плату занятым в ней специалистам. Средняя годовая заработная плата в 2020 году – 170 тыс. долл.

В течение нескольких десятилетий политика США в области микроэлектроники была направлена на сохранение интеллектуальной собственности в юрисдикции фирм из Америки (модель *fables*). Производственные площадки американские компании предпочитали размещать за рубежом, полагаясь на более дешевые ресурсы, в том числе кадровые (модель *foundry*). Как результат – к 2020 году три четверти производственных мощностей всей мировой микроэлектроники были размещены в странах юго-восточной Азии. На фоне роста дефицита ИС на мировом рынке, подогреваемого волнами коронавируса, сложившаяся ситуация стала угрожать устойчивости американской экономики и вредить ее долгосрочной конкурентоспособности.

В 2010-х годах КНР и США активно приступили к формированию самодостаточных экосистем в микроэлектронике на своих территориях в интересах национальной безопасности и дальнейшего устойчивого развития каждой из стран в отдельности (смотри предыдущую статью цикла). И если КНР свои фабрики изначально строила в своей юрисдикции, декларируя Тайвань китайской территорией, то для США новая политика в производстве ИС в последние годы кардинально изменилась и теперь нацелена на возврат из-за рубежа уже действующих производств и компетенций. Принуждение иностранных и отечественных компаний к созданию новых микроэлектронных производств на своей территории стало доминантой

¹ Ассоциация разработчиков и производителей «Консорциум средств, ресурсов и технологий производства высокотехнологичной продукции», директор, профессор Финансового университета при Правительстве РФ, профессор НИЯУ МИФИ.

² АО «ЦНИИ «Электроника», главный специалист, mmackushin@gmail.com.

национальной промышленной политики, критически важным аспектом для сохранения технологической доминанты США в мире.

В результате реализации этой политики, в рамках которой в ход идут все возможные средства, в том числе политическое и экономическое давление на страны, которые являются геополитическими партнерами, корпорация Samsung недавно объявила о планах открыть в 2024 году в Техасе завод (на 2 тыс. новых рабочих мест) по производству ИС за 17 млрд долл. В результате давления правительства сходные планы появились у Intel, TSMC и ряда других фирм. В результате для запланированных 20 новых заводов, которые предполагается построить в ближайшие пять лет в США, потребуются увеличить численность высококвалифицированного персонала, занятого в отрасли на 30% (70–90 тыс. человек). В первую очередь необходимы специалисты по технологии производства (инженеры-технологи, инженеры по интеграции, по выходу годных и качеству), логистике и поддержке.

Решить эту задачу только за счет привлечения новых обучающихся в школы, колледжи и университеты в указанные сроки невозможно. Поэтому в США приступили к комплексному решению задачи с привлечением отраслевых ассоциаций и администраций штатов, конкурирующих за размещение заводов на своей территории за счет обеспеченности инфраструктурой и кадрами.

Кроме мер организационного характера, в США также рассматриваются меры госрегулирования, в том числе инициативы по налоговым льготам и инвестициям на федеральном уровне [1].

Ассоциация полупроводниковой промышленности (SIA) и Оксфордский институт экономической политики при Оксфордском университете (Oxford Economics) весной 2021 года оценили воздействие на рабочую силу принятого в январе того же года «Закона о создании полезных инициатив по стимулированию разработки и производства полупроводниковых приборов в Америке» (CHIPS for America Act). По их мнению, в период 2021–2025 годов, благодаря реализации положений этого закона, ежегодный дополнительный вклад полупроводниковой промышленности в экономику США составит в среднем 24,6 млрд долл. [2]. Часть положений закона напрямую касается вопросов кадрового обеспечения развития микроэлектронной отрасли на фоне политики возвращения полупроводниковых производств в юрисдикцию США.

Реагируя на запросы правительства, в течение 2021 года Международная организация полупроводникового оборудования и материалов (SEMI) опубликовала ряд исследований относительно состояния и перспектив развития кадрового потенциала микроэлектронной промышленности США.

Таблица 1. Основные факторы, влияющие на развитие кадрового потенциала микроэлектронной промышленности США

Фактор	Содержание
Определение потребностей отрасли	Современные и прогнозируемые потребности работодателей в наборах профессиональных знаний (навыков), основанных на прямых данных работодателей и лучших исследованиях тенденций в отношении прогнозируемых потребностей в навыках на ближайшие 2–5 лет
Совершенствование обучения	Отображение учебных ресурсов, в том числе виртуальных и личных; разработка новых учебных программ по мере необходимости, которые непосредственно соответствуют потребностям работодателя
Формирование взаимосвязей сфер обучения и производства	Составление карт/схем местоположения производственных мощностей по изготовлению полупроводниковых приборов, близлежащих учебных заведений и ресурсов, а также сообществ, близких к ним и обладающих большим числом потенциальных работников, для формирования целевых регионов, лучше всего подходящих для когортного продвижения новых кадров в полупроводниковую промышленность
Региональная координация	Скоординированные региональные подходы, объединяющие агентства по развитию трудовых ресурсов, агентства по трудоустройству, поставщиков вспомогательных услуг, образовательные учреждения, работодателей и т. п., направленные на совместную работу по поддержке отдельных лиц на их пути к трудоустройству в полупроводниковой промышленности
Поддержка работодателей	Скоординированная поддержка работодателей в укреплении их практики разнообразия, равенства и интеграции, а также их программ наставничества и спонсорства, с тем чтобы они могли привлекать, удерживать и продвигать рабочую силу с различными перспективами, необходимыми для конкурентоспособности на мировом рынке

Рассмотрим инициативы, указанные в этих и ряде других первоисточников.

Если не учитывать аспект гендерного и расового разнообразия, которому SEMI в своих материалах уделяет по соображениям политкорректности очень большое внимание, то развитие кадрового потенциала полупроводниковой промышленности США предполагается осуществлять в двух магистральных направлениях: за счет подготовки национальных кадров (табл. 1) и путем активной иммиграционной политики.

Следует отметить, что в США достаточно давно сложилась развитая система подготовки отечественных кадров для микроэлектроники. Начиная с 4-х классов школ K-12 (образовательные учреждения, реализующие полный курс обучения по 12-летней программе от начальной школы до конца средней школы) ведется обучение по программам STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Эти образовательные программы в области науки, технологии, техники и математики реализуются неправительственной некоммерческой организацией (<http://www.stemedcoalition.org/>) – коалицией поддержки образовательных программ в области науки, технологии, техники и математики (STEM Educational Coalition). Подготовка носит предварительный характер и не дает всех необходимых навыков для немедленного начала работы на современной полупроводниковой фирме.

Продолжением программы STEM являются различные, как правило, неспециализированные образовательные курсы в рамках колледжей и университетов, связанные с проектированием, производством и дистрибуцией полупроводниковых приборов. Специализированные курсы профессионального и технического образования (СТЕ) в США встречаются редко, а сертифицированные СТЕ-преподаватели еще реже.

В США существует проблема их доступности для потенциальных работников, а также проблема обеспечения поддержки во время обучения, помогающая не только успешно завершить курс, но и связаться с фирмами, нуждающимися в специалистах данного профиля.

Проведенный анализ показывает, что большую роль в подготовке кадров для полупроводниковой промышленности США играют отраслевые документы, подготовленные организациями, а также национальными и международными отраслевыми ассоциациями. К примеру, в области перспективных методов корпусирования и гетерогенной интеграции солидный набор современных знаний предоставляет «Маршрутная карта [развития технологий и подходов] гетерогенной интеграции» (Heterogeneous Integration Roadmap), подготовленная Обществом корпусирования электронных приборов (Electronics Packaging Society, EPS) при

Институте инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE^{*}). Она используется для обучения на уровне колледжей, краткого курса самостоятельного изучения и, что важно, для формирования понимания того, как вся экосистема электроники работает в стране в целом от НИОКР до производства.

Говоря о подготовке кадров, представители SEMI часто жалуются на отсутствие узнаваемого и привлекательного бренда полупроводниковой промышленности. Проведенный анализ указывает, что многие потенциальные работники (как студенты, так и предпрофессиональные люди, желающие повысить квалификацию или переобучиться), которые могли бы подумать о карьере в полупроводниковой промышленности, не знают о ее многочисленных стабильных и прибыльных рабочих местах.

Второй по значению источник пополнения кадрового потенциала США – иммиграционная политика. В ближайшей перспективе она будет играть ключевую роль в поддержании квалифицированной и надежной рабочей силы микроэлектронной промышленности США.

Из-за целеполагания получить быстрый эффект в течение 2–5-летнего периода и длительного цикла обучения и подготовки специалистов, занятых в отрасли, высококвалифицированные работники иностранного происхождения критично важны для полупроводниковых компаний в США. Кроме экономии времени, это также выгодно в экономическом аспекте, так как привлечение уже готовых кадров позволяет избежать затрат больших средств на их базовую подготовку.

По оценкам The Wall Street Journal, около 40% высококвалифицированных работников полупроводниковой промышленности США, работающих в настоящее время, родились за пределами страны. Визы H-1B^{**} и дополнительные визы для прохождения

* IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) – Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике, ИИЭР (США), крупнейшая в мире организация (www.ieee.org), объединяющая более 300 тыс. технических специалистов из 147 стран, ведущая организация по стандартизации, отвечающая также за сетевые стандарты. Образована в 1963 году в результате слияния американских обществ IАЕЕ, основанного в 1884 году, и IRE, основанного в 1912 году, ИИЭР проводит и спонсирует технические конференции, симпозиумы и семинары, ведет большую издательскую и образовательную деятельность.

** H-1B – американская рабочая виза, позволяющая американской компании нанимать иностранного работника с высшим образованием или заменяющим его опытом работы на срок до шести лет. Выдается только по прошению работодателя, одобренному Службой иммиграции и гражданства США. Число рабочих виз H-1B ежегодно квотируется. Выдается в основном работникам высокотехнологичных отраслей.

МНОГОКРИСТАЛЬНЫЕ МОДУЛИ

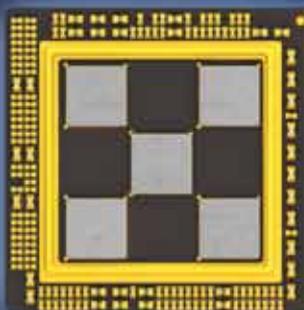
ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

- Сод: ТСКЯ.431281.007
- МВМ-03: ТСКЯ.431281.011

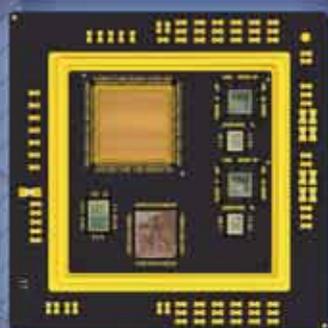
Кластер четырех высокопроизводительных сигнальных процессоров для построения систем обработки сигналов, систем радиолокации и систем обработки изображений

- Возможность работы 2-х микросборок в одном кластере
- Тактовая частота процессора — до 450 МГц
- Архитектура связи процессоров в модуле — каждый с каждым
- Число внешних высокоскоростных (450 МГц) каналов — 4
- Напряжения питания — 3,3 / 2,5 / 1,0 В



КРИСТАЛЛЫ В МИКРОСБОРКЕ:

- Цифровой процессор обработки сигналов — 4
- РПЗУ Flash-типа — 1



СИСТЕМА ЗАХВАТА ДАННЫХ

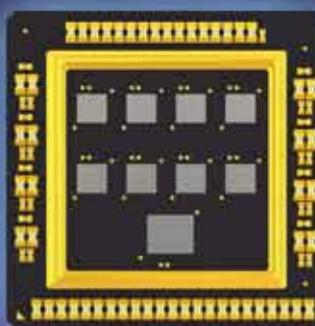
- СЗД: ТСКЯ.431281.008
- 9018ВК016: АЕНВ.431290.536

Применяется в устройствах приема и обработки сигналов систем связи, радиолокации и управления

- Тактовая частота процессора — до 200 МГц
- Число каналов АЦП — 2
- Частота выборки АЦП — 15...125 МГц
- Напряжение питания — 3,3 В
- Не требует дополнительного охлаждения (радиаторов)

КРИСТАЛЛЫ В МИКРОСБОРКЕ:

- Цифровой процессор обработки сигналов — 1
- Аналого-цифровой преобразователь — 2
- РПЗУ Flash-типа — 1
- Преобразователь постоянного напряжения — 1
- Линейный регулятор напряжения — 2



ВОСЬМИКАНАЛЬНЫЙ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ АЦП

- К9021НВ016: ТСКЯ.431324.019ТУ
- 9021НВ016: АЕНВ.431320.612ТУ

Быстродействующий синхронный АЦП со встроенным формирователем тактовых сигналов

- Количество каналов АЦП — 8
- Разрядность канала АЦП — 14 бит
- Частота преобразования — 15...125 МГц
- Входное напряжение — -1...+1 В
- Напряжение питания — 1,8 / 3,3 В

КРИСТАЛЛЫ В МИКРОСБОРКЕ:

- Аналого-цифровой преобразователь — 8
- Формирователь тактовых сигналов — 1



практики (Optional Practical Training) помогают сохранить в США иностранных студентов, получивших образование по американским программам.

SEMI и SIA постоянно требуют от Конгресса и Белого дома увеличения лимита виз, выдаваемых высококвалифицированным работникам других стран, выразивших намерение переехать в США. Они указывают на необходимость обратить вспять тенденцию к снижению уровня одобряемых виз H-1B и способствовать расширению визового доступа в США для иностранных выпускников университетов, обучавшихся по дисциплинам STEM.

В 2021 году для комплектования строящихся фабрик квалифицированными специалистами в США началась дискуссия о квотах на льготные визы не только для инженеров высшей квалификации, но и для рабочих, имеющих опыт работы на различных микроэлектронных производствах в других странах.

Квалифицированные иммигранты и студенты, получившие образование в США, очень важны для поддержания конкурентоспособности рабочей силы отраслей, действующих на мировом рынке. Их включение в производственные процессы на фабриках США оказывает положительное воздействие на развитие американской рабочей силы в целом. SEMI и SIA заявляют, что любые препятствия использованию этого источника пополнения кадрового потенциала полупроводниковой промышленности США являются контрпродуктивной мерой для дальнейшего лидерства США в цепочке поставок полупроводниковых приборов [3].

Важную роль в развитии кадрового потенциала микроэлектроники США играют различные мероприятия и программы SEMI, такие как SEMI Works и универсальная модель компетенций.

SEMI WORKS: КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА

Запущенная в феврале 2019 года комплексная программа SEMI по развитию талантов в области проектирования и производства электроники (SEMI Works) реализует комплексный подход к развитию кадрового потенциала отрасли. Программа предназначена для развития инфраструктуры, обеспечивающей переход от современного фрагментированного подхода в обучении и образовании к подходу, координирующему существующие региональные активы для создания интегрированного национального конвейера талантов.

Разработку инфраструктуры и масштабируемой модели SEMI осуществляет с участием заинтересованных сторон, представляющих микроэлектронную промышленность, правительственные ведомства и научные круги США. Опытная реализация программы SEMI Works

осуществляется в трех локациях: северной части штата Нью-Йорк, Треугольнике науки* (штат С. Каролина) и Портленде (штат Орегон).

Планируется, что программа SEMI Works будет масштабирована на национальный уровень через подключение общинных колледжей к «Сети микро- и нанотехнологий» (Micro-Nano Technology Network), финансируемой Национальным научным фондом США. Для этого SEMI и «Сеть микро- и нанотехнологий» будут осуществлять тесное взаимодействие. Кроме того, учебные программы общинных колледжей** будут приведены в соответствие со стандартами отраслевых компетенций, созданными и поддерживаемыми SEMI с помощью динамичной модели взаимодействия с отраслью.

Огромные возможности программы заключаются в выявлении, поддержке, обучении и привлечении в полупроводниковую промышленность групп людей, недостаточно охваченных в настоящее время кадровыми службами.

По всей территории США имеются значительные резервы потенциальных работников в сообществах, расположенных вблизи учебных заведений и кластеров полупроводниковых компаний. Благодаря программе SEMI Works они смогут получить доступ к поддержке, обучению и инфраструктуре, позволят «учиться и еще раз учиться».

Для выявления потенциальных кандидатов для участия в сертифицированном обучении в регионах Северной Америки SEMI сформировала программу «Сотрудничество в целях быстрого отклика на перспективные технологии – готовность к карьере» (Advanced Manufacturing Rapid Response Partnership).

Программа предусматривает подготовку технических специалистов начального производственного уровня в период курса обучения до 150 ч.

Образовательные программы SEMI, как уже говорилось, начинаются со STEM-классов школ K-12 и предусматривают курсы по выбору и получению необходимых компетенций в течение всех лет обучения в средней школе. Данный подход закладывает основы образовательно-карьерных траекторий будущих профессионалов высокотехнологичных индустрий.

STEM-программы также обеспечивают обучение взрослых, ветеранов, вернувшихся в гражданский сектор

* Research Triangle Park (RTP) – Треугольник науки, Исследовательский треугольник. Район в центральной части штата Северная Каролина, расположенный между кампусами Университета Дьюка (г. Дарем) и университетов штата Северная Каролина в г. Роли и в г. Чапел-Хилл. Территория – более 2,83 тыс. га. Создан в 1959 году с целью привлечения в регион новых высокотехнологичных промышленных предприятий и научно-исследовательских центров.

** Community college – местный, «общинный» колледж, двухгодичный колледж, готовящий специалистов средней квалификации для работы на территории местного сообщества.

20 ЛЕТ
СОЗДАЕМ
ИННОВАЦИИ



STE ICP200

- ICP-RIE
- RIE
- ICP PECVD
- PECVD

Универсальная технологическая платформа для проведения процессов плазмохимического травления и осаждения на подложках до Ø200 мм



 **SemiTEq**

Закрытое акционерное общество
«Научное и технологическое оборудование»

ЗАО «НТО»
пр. Энгельса, 27, Санкт-Петербург, 194156, Россия
Тел.: +7 812 601 06 05, факс: +7 812 313 54 29
sales@semiteq.ru www.semiteq.ru

с военной службы (таких в США ежегодно появляется примерно 250 тыс. человек) и действующих работников отрасли. В основном эти программы направлены на восполнение пробелов в компетенциях с помощью программ сертификации и стажировок.

Связующим звеном указанных инициатив, программ и подходов стала недавно переработанная «Унифицированная модель компетенций для перспективных производств» SEMI (Unified Competency Model for Advanced Manufacturing, UCM), разработанная ассоциацией в партнерстве с Управлением занятости и профессиональной подготовки Министерства труда США (U.S. Department of Labor, Employment and Training Administration, U.S. DOL-ETA).

Благодаря тому, что членами SEMI являются малые, средние и крупные полупроводниковые фирмы, удалось определить знания, умения и навыки, необходимые отрасли, и за счет этого в целом содействовать развитию перспективных технологий. В итоге получился каталог требуемых компетенций, связывающий базу данных SEMI Works с работодателями, учебными курсами и индивидуальными требованиями к обучению. Описание инфраструктуры SEMI Works представлено на рис. 1.

Возвращаясь к ветеранам, нужно отметить, что многие из них хорошо подходят для технической карьеры. Хотя большинство из них имеет только среднее образование, тип подготовки и опыт, которые они получили

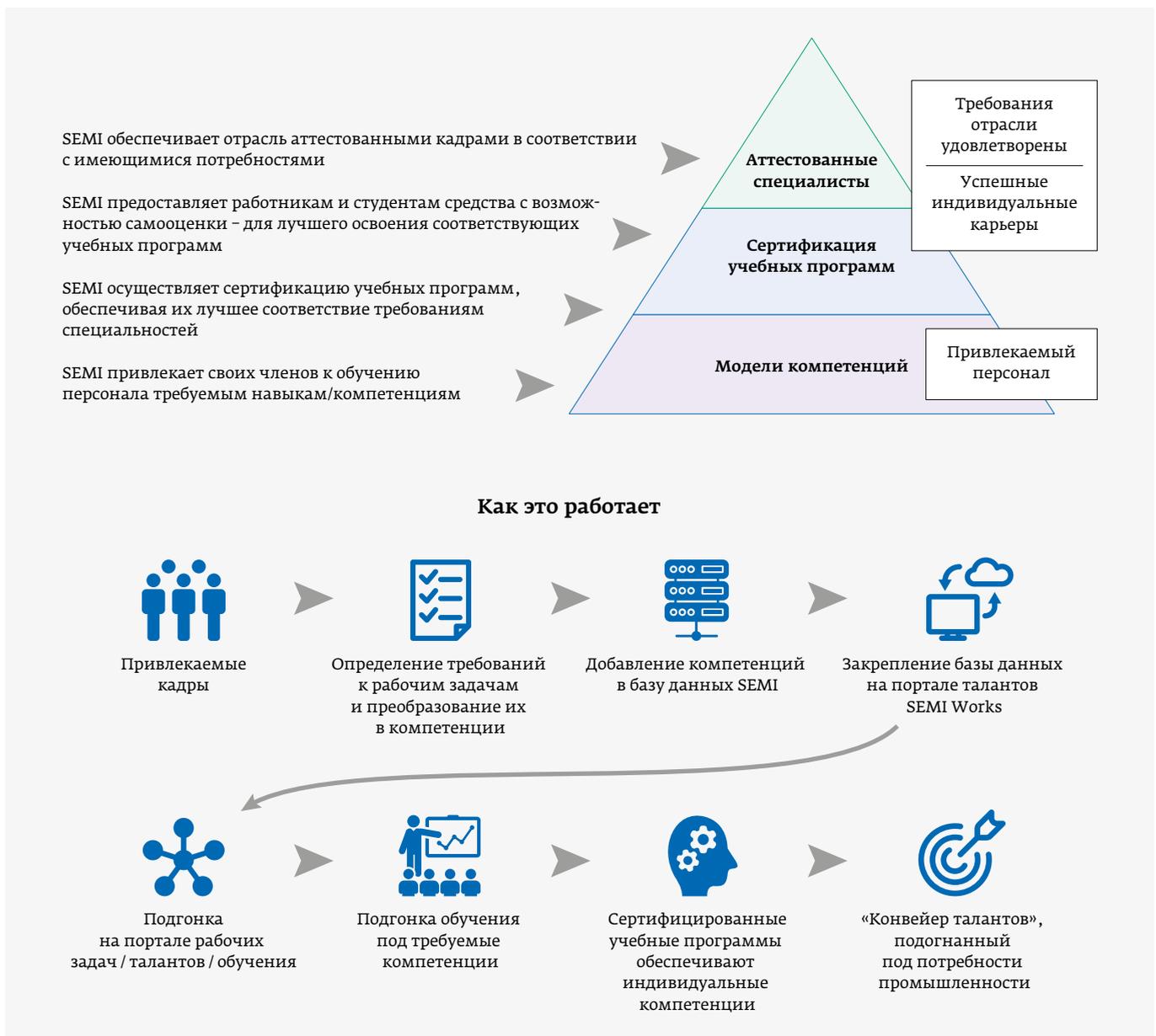
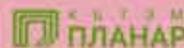


Рис. 1. Схема инфраструктуры программы SEMI Works

8 Марта!

Милые дамы, сердечно поздравляем Вас с праздником весны — Международным женским днём! Желаем вам крепкого здоровья, весеннего настроения, моря цветов и улыбок, и благополучия Вашим семьям!



ПРОЕКТИРОВАНИЕ



ГЕНЕРАЦИЯ
ИЗОБРАЖЕНИЙ



КОНТРОЛЬ
ФОТОШАБЛОНОВ



РЕМОНТ
ФОТОШАБЛОНОВ



ФОТОЛИТОГРАФИЯ



КОНТРОЛЬ
ПЛАСТИН



СБОРКА ИЗДЕЛИЙ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

БЕЗМАСОЧНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Многоканальные лазерные генераторы изображений
- Проектная норма 0,35, 0,6 μm
- Высокая точность совмещения
- $\varnothing 200, 150, 100$ мм



ГЕНЕРАТОРЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

- Диапазон UV, DUV
- Проектная норма 90, 130 нм
- 16/32-лучевая архитектура
- Фазосдвигающие шаблоны
- Быстрая переналадка пластина — шаблон



КОНТРОЛЬ ФОТОШАБЛОНОВ

- Проектная норма 90, 130, 250 нм
- Твердотельный лазер
- Контроль методом D2DB, D2D
- Высокая производительность
- Контроль неплоскостности



РЕМОНТ ФОТОШАБЛОНОВ

- Фемтосекундный лазер
- 0,15/ 0,3/ 0,5 μm min элемент
- Размер шаблона до 9"х9"
- Ремонт копированием
- Ремонт через пелликл
- Прозрачные / непрозрачные дефекты



КОНТАКТНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Ручная и автоматизированная загрузка
- Двусторонняя литография
- Высокая точность совмещения
- Низкий уровень генерации дефектов
- Высокая энергоэффективность



СТЕППЕРЫ

- Проектная норма 0,35, 0,8 μm
- Автоматический масштаб
- Двустороннее совмещение
- $\varnothing 200, 150, 100$ мм
- Твердотельный источник света



КОНТРОЛЬ ТОПОЛОГИИ

- Контроль привносимых дефектов пластин без топологии
- Автоматический микро и макро контроль дефектов пластин с топологией
- Высокая производительность



АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ

- Контроль микроразмеров
- Контроль неплоскостности
- Контроль координат
- Контроль толщин
- Контроль рассовмещения



ЗОНДОВЫЙ КОНТРОЛЬ

- $\varnothing 200, 150, 100$ мм
- ± 4 мкм погрешность контактирования
- Ручное / полуавтоматическое / автоматическое оборудование



РАЗДЕЛЕНИЕ ПЛАСТИН И ПОДЛОЖЕК

- $\varnothing 300, 200, 150, 100$ мм
- 2 независимые зоны разделения в одной установке
- 2,4 кВт мощность электрошпинделя
- Полуавтоматическое / автоматическое оборудование



Создаем традиции будущего!

- Единое таможенное пространство
- 59 лет опыта в разработке и производстве прецизионного оптико-механического и сборочного оборудования
- Высокий уровень применяемых технологий и современного оборудования
- Полный цикл разработки и производства, высококвалифицированный персонал
- Высокое качество изделий подтверждено национальными и международными стандартами
- Возможность комплексной поставки оборудования, адаптированного для Российского рынка, программного обеспечения для поддержки процессов изготовления фотошаблонов и 3D-моделирования для фотолитографии компании GeniSys (Германия)

Республика Беларусь
220033, г. Минск
Партизанский пр-т, 2

тел: (+375 17) 226 09 82
(+375 17) 223 22 26
факс: (+375 17) 226 12 05

office@kbtem-omo.by
kbtem.omo@gmail.com
www.planar.by



на военной службе, пригодны для освоения различных технических специальностей.

В рамках программы SEMI Works действует программа обучения и трудоустройства ветеранов («Программа стипендий для ветеранов – Veteran’s Fellowship Program», VFP). Она предоставляет всем вернувшимся с военной службы лицам возможность получить представление о перспективах карьерного роста в полупроводниковой промышленности. Для этого же используется еще одна инициатива SEMI – «Одобренная промышленностью

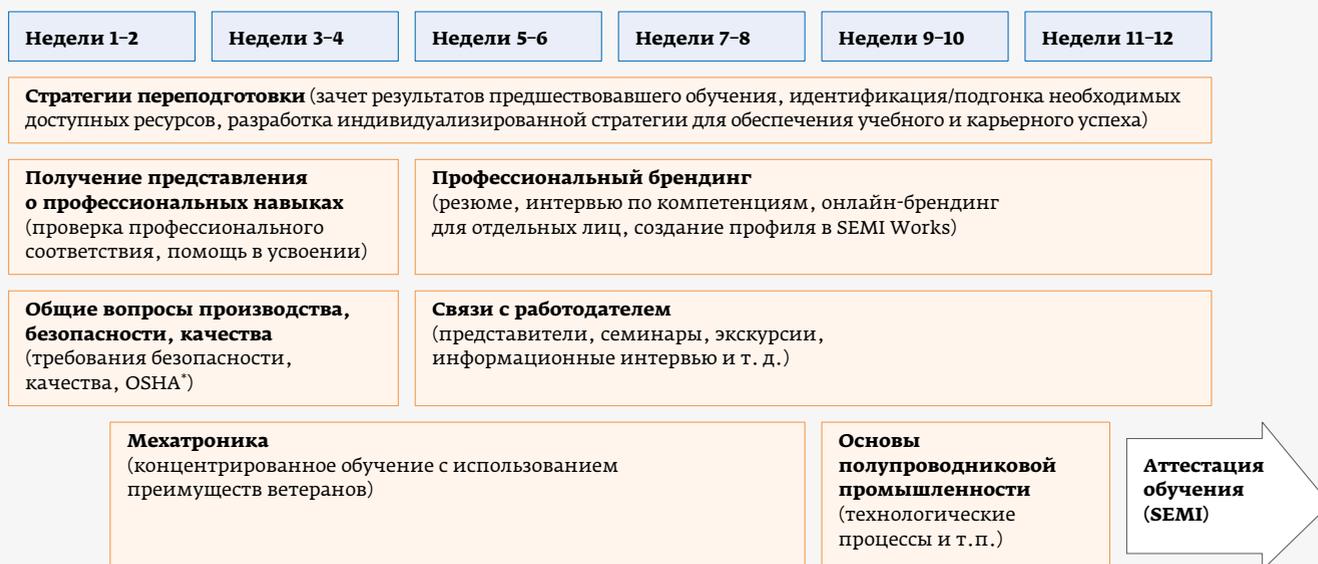
инфраструктурная программа стажировки» (Industry Approved Apprenticeship Program Infrastructure), позволяющая определить соответствие соискателей требуемым компетенциям и подобрать для них учебные программы для расширения существующих навыков в рамках модели стипендий.

Программа переобучения ветеранов на технические специальности (SEMI Transitioning Veteran’s Technician Program), использующая инфраструктуру программы SEMI Works, схематично показана на рис. 2. Основными

Программа технической переподготовки ветеранов – базовая

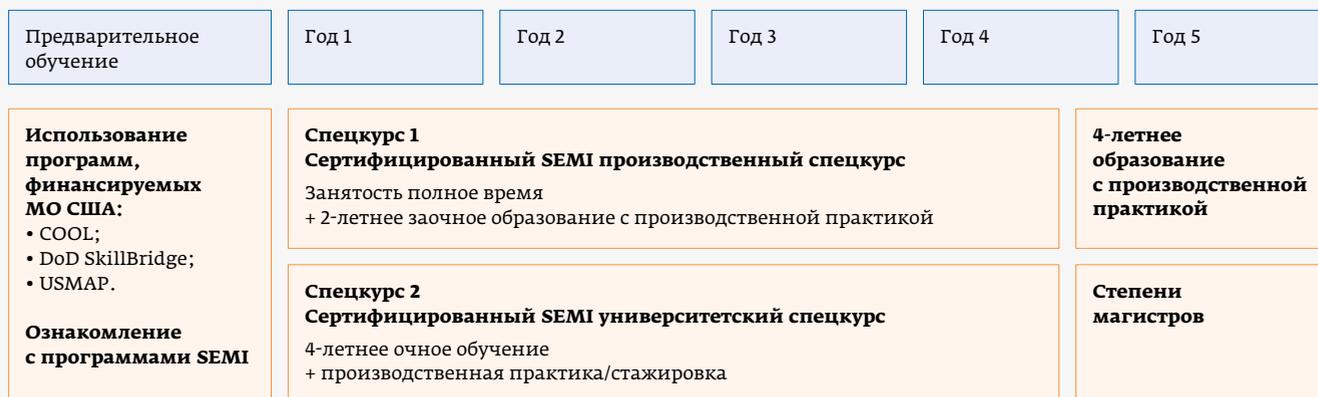
12-недельная сертифицированная SEMI техническая программа

Мехатроника (концентрированное обучение с использованием преимуществ ветеранов)



Два спецкурса – университетский и производственный

(занятых полное рабочее время специалистов и студентов-очников)



* Управление охраны труда США.

Рис. 2. Схема программ SEMI по переподготовке ветеранов, занятых полное рабочее время специалистов и студентов-очников

партнерами по обучению являются работодатели и общинные колледжи.

Реализация программы SEMI Works использует партнерские отношения в отрасли для развития и реализации целостного, программного и масштабируемого подхода, обеспечивающего функционирование надежного «конвейера талантов». Он согласуется со многими ныне реализуемыми инициативами, в том числе с более гибкими моделями обучения, позволяющими осуществлять переобучение лиц, возвращающихся с военной службы, проводить в национальном масштабе аттестацию и выдачу сертификатов, а также эволюцию должностных инструкций по мере перехода отрасли к новому уровню автоматизации и технологий.

Эта модель несет в себе фундаментальный принцип, обеспечивающий доступ разным группам населения к получению требуемого промышленной политикой страны профессионального образования. Модель позволяет вовлекать студентов на ранней стадии обучения к построению образовательной-карьерной траектории на протяжении всей жизни. Модель ежегодно позволяет существенно пополнять базу талантов за счет расширения возможностей карьерного роста для недостаточно охваченных ранее групп американцев и иммигрантов. Также данная модель использует накопленный опыт в области отраслевых стандартов посредством программы сертификации «SEMI Certs», обеспечивающей соответствие между необходимыми действующим компаниям навыками и учебными программами посредством сертификации курсов и индивидуальной аттестации, признанной отраслью.

Описываемая система подготовки и развития человеческого капитала для микроэлектроники США распространяется и на другие стратегические отрасли промышленности, образуя остов для формирования национального кадрового резерва. Это имеет решающее значение для обеспечения глобальной конкурентоспособности США [4].

УНИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ КОМПЕТЕНЦИЙ (UCM)

Важным элементом подготовки кадров для микроэлектронной промышленности США является модель UCM, разработанная SEMI для совершенствования «конвейера талантов» в США. Эта модель используется Центром обмена информацией по моделям компетенций (Competency Model Clearinghouse), расположенным на веб-сайте Министерства труда США.

UCM определяет набор навыков, необходимых в стратегических отраслях промышленности, в частности для укрепления связей между микроэлектронной отраслью, работниками и поставщиками образовательных услуг.

SEMI возглавила разработку новой версии UCM в партнерстве с U.S. DOL-ETA. UCM – один из ключевых разделов SEMI Works, призванный обеспечить регулярное обновление профессиональных компетенций, необходимых отрасли, чтобы идти в ногу с ее меняющимися потребностями в кадровом компоненте.

В модель UCM интегрируются идеи отраслевых экспертов, собранных в специализированные рабочие группы по направлениям отраслевого развития. Цель деятельности групп – стимулировать постоянное участие промышленных корпораций в процессе обновления списков профессиональных навыков по мере развития технологий и определения новых требований к работе в отрасли.

UCM помогает согласовать меняющиеся наборы профессиональных навыков и компетенций с отраслевыми сертификатами, требованиями к учетным данным и профессиональным лицензиям. Этот подход помогает молодым специалистам проложить путь к карьерному росту на передовых производствах США в целом и в микроэлектронной промышленности в частности. Новая структура компетенций призвана улучшить ситуацию в микроэлектронике США с точки зрения умений и навыков, необходимых для подготовки и совершенствования нынешней и будущей рабочей силы. Она обеспечит большую прозрачность навыков и компетенций разных слоев трудовых ресурсов, включая завершивших службу солдат и офицеров [5].

Развитие UCM – важная инициатива в текущей работе SEMI по реализации программ образования и развития рабочей силы, реализуемая путем содействия сотрудничеству в государственном и частном секторах. С помощью SEMI Works ассоциация, работающая в интересах правительства, поставила перед собой задачу решить главную отраслевую проблему – создать надежный канал для развития талантливых сотрудников, привлекая, развивая и удерживая критически важные таланты в области микроэлектроники в США. Схема реализации первого этапа плана развития трудовых ресурсов, составленного SEMI на период с IV кв. 2018 года по I кв. 2019 года, приводится на рис. 3.

ООО СМП ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные компоненты
для поверхностного монтажа

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- Керамические конденсаторы до 100 мкФ
- Синфазные диоды на ток 10 А

Москва, Пензенский пр. 80 к. 32, e-mail: sale@smd.ru
Тел: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8780

Одновременно с SEMI в дело развития кадрового потенциала высокотехнологичных отраслей США вовлечены и законодатели. Так, в 2020 году в Конгрессе США была вновь выдвинута инициатива о воссоздании в стране массовой индустрии стартапов, специализирующихся в области перспективных производств, в том числе в микроэлектронике.

Проект «Закона о развитии инвестиционных компаний по поддержке производственного сектора» (Scale-Up Manufacturing Investment Company Act) предполагает федеральные кредитные гарантии инвесторам, поддерживающим в США подобные стартапы. Контроль за реализацией инициативы, в случае ее принятия, предполагается возложить на Управление по делам малого бизнеса (U. S. Small Business Administration).

Эта законодательная инициатива уже одобрена экспертами по цепочкам поставок, которые в своих докладах отмечают, что для достижения стратегической цели по обеспечению доминирования США в высокотехнологичных сегментах промышленности потребуются долгие годы «терпеливых» инвестиций в развитие человеческого капитала внутри страны.

Длительные сроки в достижении цели эксперты связывают как с накопленным за несколько десятилетий дефицитом национальных кадровых ресурсов в высокотехнологичных отраслях промышленности США, так и с периодом сорокалетнего доминирования китайской обрабатывающей промышленности на мировых рынках.

Отраслевые аналитики указывают, что коронавирус высветил тревожную чрезмерную зависимость экономики США от поставок из КНР, которая влияет на уязвимости в цепочке поставок для американских компаний и для сохранения глобальной конкурентоспособности страны в целом.

Чтобы оставаться конкурентоспособными и сохранить инновационные технологии и возможности в США, федеральное правительство, по мнению экспертов, должно сотрудничать с частным сектором для расширения их доступа к капиталу. Предполагается, что принятие данной нормативно-правовой инициативы поможет стартапам существенно увеличить количество перспективных разработок и обеспечить их коммерциализацию в сегменте передовых производственных технологий [6].



Рис. 3. Комплексный план SEMI по заполнению конвейера талантов



ГРУППА КОМПАНИЙ

ЭЛЕКТРОННОЕ СПЕЦИАЛЬНОЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

АО НПП ЭСТО (Группа компаний ЭСТО) - объединение ведущих российских предприятий, специализирующихся на разработках, производстве, модернизации, продаже и сервисном обслуживании специального технологического оборудования.

Направления деятельности группы «ЭСТО»

Разработка и производство технологического оборудования (лазерное, вакуумное, сборочное, нестандартное) и внедрение технологий

Организация поставок как отдельных единиц зарубежного технологического оборудования, так и комплексных законченных технологий «под ключ»

Комплексная и частичная модернизация российского и зарубежного технологического оборудования любой сложности

Сервисное обслуживание российского и зарубежного технологического оборудования

Проектирование и строительство производств микроэлектроники

Обучение специалистов заказчика

Технологический аудит производства

Акционерное общество
«Научно-производственное
предприятие «Электронное
специальное технологическое
оборудование»

124460, Москва, Зеленоград,
просп. Георгиевский, д. 5, стр. 1
тел.: (499) 729-77-51,
(499) 479-12-39
info@nppesto.ru
www.nppesto.ru



Приглашаем Вас посетить наш стенд №А1045 на выставке технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности **ЭлектронТехЭкспо 2022** 12-14 апреля 2022 г, МВЦ «Крокус Экспо», Павильон №3, Зал №1

* * *

Рассмотренные инициативы, программы и подходы к подготовке кадров для полупроводниковой промышленности США демонстрируют системный подход к решению важной задачи, обозначенной промышленной политикой страны. Подходы являются комплексными и обеспечивают координацию образовательных программ всех уровней подготовки специалистов с запросами реального высокотехнологичного производственного сектора страны посредством решения задач сохранения конкурентоспособности динамично развивающейся стратегически важной индустрии микроэлектроники.

В заключение стоит отметить, что с дефицитом человеческого капитала в микроэлектронике в текущем периоде столкнулись все развитые в технологическом плане страны. Полупроводниковые фирмы США, Южной Кореи, Китая, Японии и Тайваня констатируют 20%-ный дефицит кадров в обеспечении текущих потребностей. Этот дефицит, с учетом стремительного развития микроэлектроники и ростом ее влияния на развитие экономики стран – технологических лидеров в ближайшем будущем будет только нарастать. По этой причине все страны, претендующие на обеспечение своей долгосрочной глобальной конкурентоспособности в эпоху цифровой трансформации, вынуждены обращать серьезное внимание на решение задач кадрового обеспечения устойчивого развития своих экономик как на корпоративном, так и на самом высоком государственном уровне.

Борьба за человеческий капитал между странами-лидерами в области микроэлектроники сегодня ведется на всех уровнях и всеми возможными способами: от переманивания специалистов с помощью более высоких зарплат (тактика) до конкуренции в системных подходах на государственном уровне, направленных на разработку и реализацию долгосрочной политики формирования кадрового потенциала и человеческого капитала внутри страны или групп стран-союзников (стратегия).

Так, в 2021 году Европейская комиссия предложила всем заинтересованным в развитии микроэлектроники ЕС сторонам заключить «Пакт о повышении квалификации». Предполагается, что за время реализации «Пакта...» (2021–2025 гг.) общее число повысивших квалификацию в области микроэлектроники (работники отрасли и студенты соответствующих специальностей) достигнет 250 тыс. человек. Общие затраты ЕС на реализацию «Пакта...» составят 2 млрд евро. Целью «Пакта...» является формирование пула высококвалифицированных кадров, способных:

- создавать самые производительные, перспективные и энергоэффективные полупроводниковые приборы и ИС, включая микропроцессоры;

- способствовать продвижению Европы в ключевых областях, таких как квантовые вычисления, краевой искусственный интеллект, 5G-сети/средства связи, подключенные к сетям транспортные средства (в том числе автономные, электромобили), интеллектуальные электросети, «Индустрия 4.0»^{*} и т. п. [7].

Не менее интересны подходы к решению кадровых проблем реализуются в КНР. Здесь, как и в США, значительная часть высококвалифицированных сотрудников – иностранные специалисты (от 20 до 30% наиболее квалифицированных специалистов). Зачастую их просто переманивают из филиалов иностранных фирм, расположенных в «Поднебесной», предлагаякратно большую оплату труда. Помимо этого, в рамках научно-промышленных объединений (групп) и национальных университетов КНР осуществляются специализированные программы подготовки отечественных кадров.

Свидетельством наивысшего обострения проблемы кадрового обеспечения является новость от 27 января 2022 года о том, что американская компания Micron закрывает центр разработки памяти ДОЗУ в Шанхае. Китайские компании постоянно переманивают ее сотрудников, которые регулярно уносят с собой секретную информацию. Micron пытается защититься от промышленного шпионажа и предлагает оставшимся сотрудникам переехать в США или Индию и работать на нее в этих странах.

Что касается России, то и у нас также наблюдается острый кадровый дефицит для решения задачи Стратегии развития электронной промышленности на период до 2030 года, согласно которой на текущий момент количество сотрудников, задействованных на предприятиях отрасли, составляет 290–300 тыс. человек (сопоставимо с США), средний возраст которых – 45–50 лет. Кроме кадрового дефицита в стране наблюдаются проблемы несоответствия кадров, подготовленных системой образования, потребностям предприятий реального сектора экономики. Социологические исследования Финансового университета при Правительстве РФ отмечают малую лояльность студентов наиболее престижных технических вузов к работе в российских высокотехнологических компаниях.

* Industry 4.0 (The Fourth Industrial Revolution) – «Индустрия 4.0», 4-я промышленная революция, массовое внедрение киберфизических систем в производство и обслуживание человеческих потребностей, включая быт, труд и досуг. Аспект производства, эквивалентный ориентированному на потребителей Интернету вещей. Одним из существенных аспектов «Индустрии 4.0» является идея «сервис-ориентированного проектирования» (от пользователей, использующих заводские настройки для производства собственных продуктов, до компаний, которые поставляют продукты индивидуальным потребителям).

С учетом активного рекрутирования отечественных специалистов со стороны зарубежных компаний и амбиций, указанных в национальной отраслевой стратегии, России требуется срочная разработка и эффективная реализация национальной программы подготовки кадров для электронной промышленности, учитывающей вызовы и риски, инициативы и подходы, связанные с решением аналогичных задач в США и других странах-конкурентах.

Вопросы стратегий подготовки кадров для развития электроники в России, странах ЕС, КНР будут рассмотрены в следующих статьях данного цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Hamblen M.** Chip fabs are coming to the U.S., but will there be enough skilled workers? // Fierce Electronics. 2021. Dec 8.
2. Robust Federal Incentives for Domestic Chip Manufacturing Would Create an Average of Nearly 200,000 American Jobs Annually as Fabs are Built // Semiconductor Digest. 2021. May 21.
3. SEMI Comments to Risks in the Semiconductor Manufacturing and Advanced Packaging Supply Chain Notice of Request for Public Comments; 86 FR 14308; RIN 0694-XC073; Docket Number BIS-2021-0011 // SEMI. April 5. 2021. P. 8–10, 30.
4. SEMI Comments to Risks in the Semiconductor Manufacturing and Advanced Packaging Supply Chain Notice of Request for Public Comments; 86 FR 14308; RIN 0694-XC073; Docket Number BIS-2021-0011. Appendix 2: SEMI Works // SEMI. 2021. April 5. P. 36–39.
5. New SEMI Job Skills Model for Growing Microelectronics Industry Talent Pipeline Released by U. S. Department of Labor – Employment and Training Administration // Semiconductor Digest. 2020. March 17.
6. **Leopold G.** Pandemic Renews Calls to Revive U. S. Manufacturing // EE Times. 03.19.2020
7. SEMI Applauds Launch of EU Pact for Skills to Mobilize 2 Billion Euro Investment in Microelectronics Talent // Semiconductor Digest. 2020. November 30.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



ПОКУПАЙ АМЕРИКАНСКОЕ

Бочкарев О. И., Бошно С. В., Верник П. А.
Под общей ред. О. И. Бочкарева

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2020. – 168 с.,
ISBN 978-5-94836-568-8

Цена 300 руб.

Книга посвящена исследованию комплекса нормативных правовых актов «Покупай американское» от исторического закона 1933 года до последних указов Президента США 2019 года. Авторы книги объясняют особенности американского протекционизма, демонстрируют механизмы защиты внутреннего рынка, рассматривают предпосылки таких правовых решений, приводят конкретные факты применения законодательства.

Практический опыт защиты отечественного товара и производителя очень актуален, так как в России сегодня активно формируются правовые положения об отечественном производителе и экономические меры его поддержки. Соответственно, лозунг «**Делай / покупай российское**» приобретает не только сугубо патриотическое, но и экономическое обоснование в русле современных тенденций мировой экономики.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru