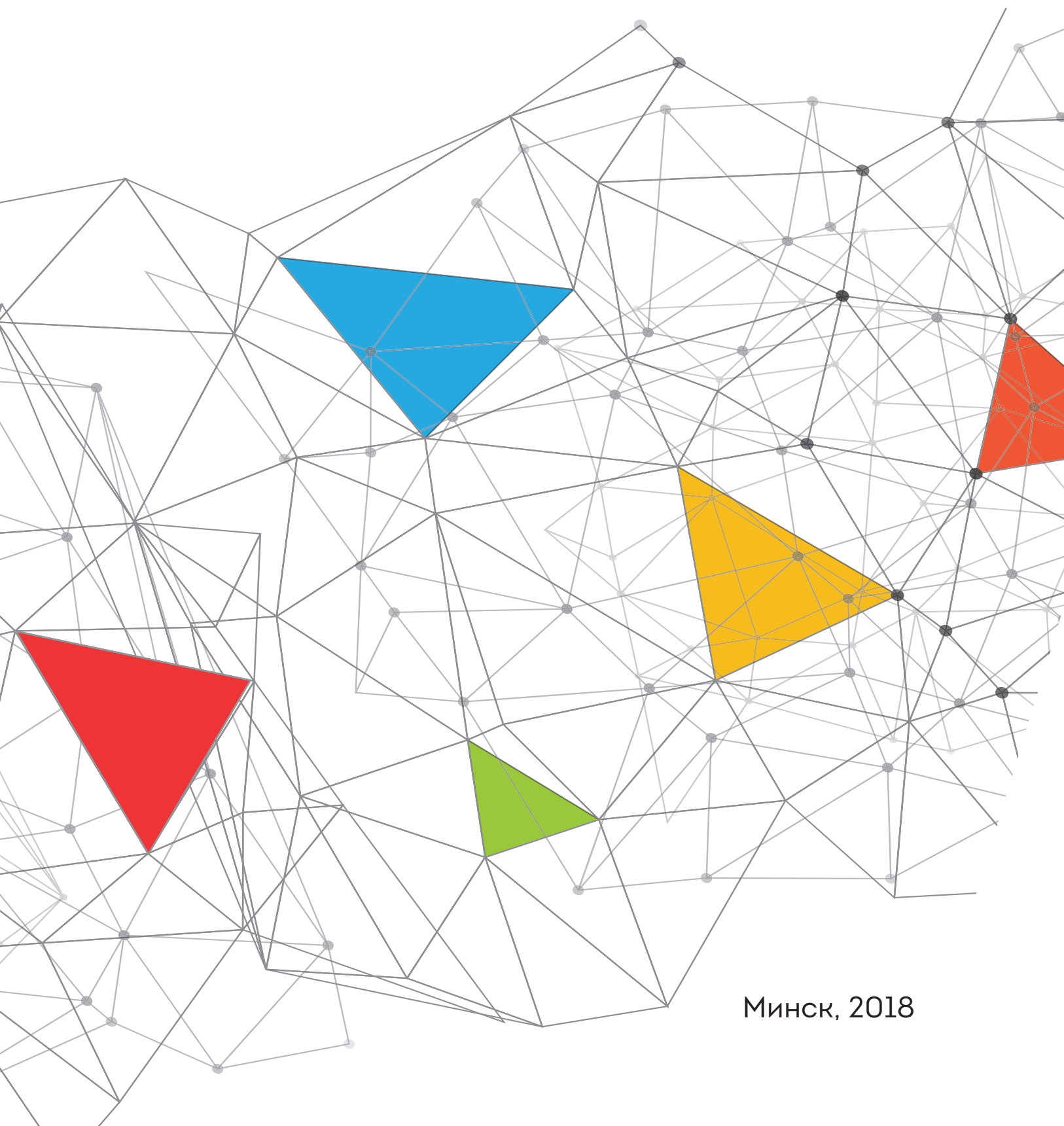


СТЕМ-ПОДХОД В ОБРАЗОВАНИИ

идеи / методы / практика / перспективы



Минск, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

- 5 КОМАНДА
- 6 ЧТО ТАКОЕ STEM,
ЗАЧЕМ И КОМУ ЭТО НУЖНО?
- 10 КАК РАБОТАЕТ
STEM-ОБРАЗОВАНИЕ?
- 20 ЧТО ДЕЛАЮТ,
ЧТОБЫ РАЗВИВАТЬ
И ПРОДВИГАТЬ STEM?
- 22 ДИСКУССИИ ВОКРУГ
STEM-ОБРАЗОВАНИЯ
- 25 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
- 28 ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Говоря о реформах образования, о новых методах и подходах, мы все чаще встречаем аббревиатуру STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). STEM – это маркер выхода образования на новый уровень поиска, доступа к прорывным, инновационным технологиям как для всего общества, так и для отдельного человека. В то же время часто говорят, что STEM – это «просто буквы», которые заставляют всех, кто имеет отношение к образованию, взглянуть на него по-новому.

В этом документе мы разберем несколько ключевых вопросов, которые встают перед теми, кто хочет разобраться в этом подходе и начать (или продолжить) действовать. В основу положен анализ широкого круга материалов по развитию STEM-образования в США, Европе, России и Беларуси, а также материалы конференции «Актуальные проблемы STEM-образования» (Минск, БГПУ им. М. Танка, 15 ноября 2018 г.) и интервью с белорусскими экспертами и практиками STEM-подхода в образовании.

КОМАНДА

Исследование проводилось в октябре-ноябре 2018 г. по заказу Ассоциации «Образование для будущего».

Материалы исследования распространяются публично и бесплатно, могут быть свободно использованы со ссылкой на источник.

Ваши замечания и предложения, отзывы, идеи и обратную связь просим направлять на info@edu4future.by с пометкой «Исследование STEM» или по телефону +375 29 731-70-15.

Приглашаем широкий круг заинтересованных лиц, учительские сообщества, администрацию школ к дальнейшему обсуждению и дискуссии.

Научный руководитель:

Татьяна Водолажская – кандидат социологических наук, программный координатор Летучего университета. Окончила БГУ по специальности «Социология», в 2004 г. защитила диссертацию в Институте социологии Академии наук Беларуси, с 2007 по 2009 гг. преподавала в ЕГУ (Вильнюс), отделение политологии, с 2010 г. руководит Летучим университетом. В сфере образования разработала онлайн-курс «Современное образование: радикальные изменения» (совместно с В. Мацкевичем), ведет семинары и проектные сессии по темам развития неформального образования.

Исследователи:

Татьяна Коваленок, в 2012 г. окончила Белорусский государственный технологический университет по специальности «Издательское дело», в 2012–2014 гг. занималась исследованиями в области защиты печатной продукции в Московском государственном университете печати, в 2018 году окончила магистратуру Университета Ньюкасла (Великобритания) по направлению «Международное развитие и образование», основой магистерской диссертации в которой стало количественное исследование школьников в двух городах Колумбии по теме growth mindset и локальной методологии Новая Школа (Escuela Nueva). С 2015 г. активно включена в работу образовательной инициативы Adukasya.Info, также занимается разработкой и оценкой образовательных проектов для международных организаций.


Дина Король, магистр педагогических наук. Окончила БГПУ им. М. Танка по специальности «Социально-педагогическая деятельность» (2011) и магистратуру по специальности «Психология» (2012). С 2013 по 2015 гг. преподавала в БГПУ им. М. Танка (факультет социально-педагогических технологий). Имеет опыт работы с программами формального и неформального образования для детей и молодежи.

Координатор со стороны Ассоциации «Образование для будущего»:

Алена Мельченко, менеджер по исследованиям и развитию Ассоциации «Образование для будущего», в 2018 г. окончила магистратуру Университета Лидса (Великобритания) по направлению «Образование».

ЧТО ТАКОЕ STEM, ЗАЧЕМ И КОМУ ЭТО НУЖНО?

Сегодня в самом общем виде под аббревиатурой STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) понимается комплекс академических и профессиональных дисциплин в естественных, технологических, инженерных науках и математике, направленных на подготовку специалистов с новым типом мышления, без которого невозможно развитие инновационной экономики. Иногда в этот набор добавляется «А», соответствующая компоненту Art – «искусство» (STEAM). Стремительное развитие и распространение STEM-образования в последние 15 лет связано с тремя вызовами для современных обществ.



ПЕРВЫЙ ВЫЗОВ: поиск новых импульсов для конкурентоспособности экономики и лидерства в инновациях на уровне государств.

Страны – мировые лидеры (в первую очередь США, а также ЕС) в начале 2000-х стали искать для себя новый источник развития и ресурс для инновационной экономики и экономики знаний. Они обратили внимание на подготовку кадров и систему образования, обнаружив негативные тенденции снижения качества подготовки по дисциплинам, которые необходимы в эпоху цифровых технологий, и даже кризис инженерных кадров. Ответом на этот вызов стали программы на национальном и государственном уровне.

Так, в США STEM-образование на государственном уровне получило поддержку благодаря закону America COMPETES Act (The America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education and Science Act of 2007)¹. Этот закон был сфокусирован на STEM-образовании учителей, прикладных бакалаврских программах и создании инновационных методик преподавания. В 2010 г. его действие было продлено, подтверждая таким образом курс на STEM-образование на уровне государства. С 2013 г. в США реализуется Федеральный 5-летний стратегический план по STEM-образованию (2013–2018). Цель этого плана – способствовать подготовке внутренней рабочей силы для поддержания статуса США как лидера в инновациях, поднятие рейтинга США в школьном образовании по STEM-предметам.

► **Согласно отчету European Schoolnet², содержащему результаты исследования 30 стран, в 2015 г. 80 % стран отметили STEM-образование как свой приоритет. Почти все они сейчас внедряют реформу в STEM-образовании с фокусом на социоэкономические аспекты знания.**

В России также на государственном уровне сформулирована задача вывести инженерное образование на мировой уровень. С этой целью педагогические работники и директора стремятся «максимально внедрять инженерное образование и усиливать технологическую подготовку выпускников»³.

ВТОРОЙ ВЫЗОВ: рынок труда и новые требования к образованию со стороны бизнеса и высокотехнологичного производства.

Брэд Смит, вице-президент корпорации Microsoft, в 2012 г. заявил: «Нехватка квалифицированных специалистов достигла такого уровня, что можно говорить о кризисе гениев для высокотехнологичных компаний»⁴. Последний отчет Royal Academy of Engineering Education and Skills⁵ также указывает на кризис инженерных кадров. По представлениям корпораций, эта проблема вызвана низким уровнем успеваемости в дисциплинах физико-математического профиля в образовании, низкой мотивацией при обучении STEM-предметам, а также тем, что инженерные профессии выбираются реже, чем другие.

Современные технологии, которые становятся фундаментом инновационной экономики, выдвигают новые требования к кадрам на всех уровнях. **Запрос со стороны производства можно разделить на три части:**

- 1** запрос на специалистов с новым типом инженерного мышления и изобретательским потенциалом, набором компетенций для развития и управления технологиями;
- 2** запрос на квалифицированных специалистов с практическими навыками работы со сложными технологическими объектами (STEM-работников);
- 3** запрос на специалистов с общей STEM-грамотностью и общими навыками проблемно-ориентированного мышления, то есть владеющих цифровыми и социальными компетенциями для постановки и выполнения задач в любой сфере и профессиональной области (в медицине, экологии, психологии, IT, фармацевтике, нанотехнологиях, авиастроении и других сферах).

Эти запросы ставят задачу не просто улучшения имеющегося образования, а поиска новых подходов для подготовки людей к решению реальных проблем окружающего мира. Поэтому HR-специалисты все больше акцентируют внимание на так называемых гибридных навыках, когда у человека одинаково хорошо развиты и гуманитарные, и технические навыки. Среди них выделяют в качестве ведущих 4К: коммуникация, коллаборация, креативность и критическое мышление.

¹ America COMPETES Act (2007)

² America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education and Science Act of 2007

³ Актуальность STEM-образования в России как приоритетного направления государственной политики/Сетевой научный журнал.

Послание Президента России Федеральному Собранию (2014).

⁴ Microsoft: Shortage of tech workers in the US becoming «genuine crisis».

⁵ A report for the Lloyd's Register Foundation from the Royal Academy of Engineering Education and Skills Committee.

ТРЕТИЙ ВЫЗОВ: решение социальных проблем.

Новые подходы в образовании рассматриваются как инструмент в создании справедливого и инклюзивного общества. Такая задача, в частности, ставится в рамках Федерального 5-летнего стратегического плана по STEM-образованию США. Через улучшение доступа к STEM-программам для всех американцев федеральное правительство стремится дать возможность получить перспективное образование и высокодоходную работу для маргинализированных групп (этнические и национальные меньшинства, жители сельских или удаленных территорий, девочки и женщины и т.д.). Та же тенденция характерна и для ЕС. Дисциплины в образовании, охватывающие комбинацию STEM, необходимы и для расширения прав и экономических возможностей каждого и стимулирования инноваций для развития экономики в целом.

В Беларуси концепт (аббревиатура) STEM стал использоваться и распространяться в последние годы. Драйвером в развитии этого направления стало развитие робототехники и программирования, которые постепенно актуализируют и остальную комплекс STEM. Можно выделить 5 импульсов для развития STEM-образования в Беларуси:

- ▶ частные, коммерческие курсы/школы («Школа робототехники», «Сила знаний», «Айтиландия», «Stemlab», «Компьютерная Академия ШАГ», AST-программа ECLAB, It-school), которые ориентированы на новое уникальное предложение в области подготовки школьников к будущему. Сегодня мы наблюдаем стремительное расширение такого рода предложений, в том числе с использованием названия STEM. В 2018 г. открыты 2 частные школы (STEAM-school и Stembridge);
- ▶ инициативы отдельных учителей или школьных коллективов, которые ищут новые подходы и методы для своей работы: ведут факультативы, кружки, готовят школьников к олимпиадам и турнирам;
- ▶ центры технического (инновационно-технического) творчества на базе еще советской инфраструктуры дополнительного образования детей и молодежи. Центры всегда были ориентированы на развитие исследовательских и инженерных практик, моделирования. Последние годы среди предложений Центров есть направления «Робототехника» (в том числе платные услуги), «Информационные технологии», «Техническое моделирование» и др. Центры имеют широкую инфраструктуру и базу по всем регионам и городам страны;
- ▶ на уровне отдельных структур Министерства образования (РИПО, АПО, МГИРО) исследовательские и экспериментальные проекты, в которых разрабатываются новые методики, проводится подготовка кадров, идет распространение новых идей и практик. Они чаще сосредоточены на развитии робототехники и усилении естественно-научной и технической составляющей среднего образования;



инициатива белорусского бизнеса по решению проблем школьного образования в области точных и технических наук и информатизации (создание Ассоциации «Образование для будущего», поддержка кампаниями отдельных мероприятий, обеспечение оборудованием, Scratch-инициатива администрации ПВТ, а также создание детских лабораторий и учебных программ при IT-компаниях). В качестве вызовов обозначаются низкое качество школьного образования для подготовки работников в IT-сектор и в целом для высокотехнологичного будущего, неверный крен в гуманитаризацию образования.

Все эти импульсы последние несколько лет получают все более широкое развитие в связи с государственным и общественным вниманием к IT-сфере, с которой связывается будущее развитие. Это внимание высветило и сделало очевидными и обсуждаемыми проблемы в образовании и подготовке кадров:

- ● нехватка кадров для высокотехнологичных производств;
- ● низкие оценки и слабые знания выпускников школ;
- ● ослабление естественно-научной и технической составляющей среднего образования;
- ● слабая профориентация и стремление к освоению передовых технологий.

Можно говорить, что на уровне концептуализации и развития подхода обращение к STEM – это прежде всего маркер актуализации всех альтернативных подходов и идей в области педагогики и современного образования, своего рода попытка внести современное движение в неудовлетворяющее состояние белорусской школы.

Инициативы, которые предпринимаются самыми различными субъектами, требуют расширения и углубления взгляда на STEM-подход в образовании, знакомства с концептуальными и практическими разработками и выработки собственной модели движения белорусского общества и школы к новому образованию.

Далее мы рассмотрим несколько ключевых вопросов, которые позволят составить целостную картину из размышлений и практик в STEM-образовании сегодня:

Как работает STEM-образование на уровне системы образования, школы и отдельного урока или образовательной программы?

Что разные субъекты образовательного пространства делают и могут делать, чтобы развивать и продвигать STEM?

Какие дискуссии ведутся в мире и у нас вокруг STEM?

Какие перспективы и направления развития STEM в Беларуси видят эксперты?

КАК РАБОТАЕТ STEM-ОБРАЗОВАНИЕ?

STEM-подход – это очень широкий комплекс действий, подходов, практик и методик, которые ориентированы на то, чтобы общество и отдельный человек были готовы к будущему. Эти практики сегодня только нарабатываются, и не существует некой окончательной концепции, которая точно и однозначно определяла бы границы и рамки STEM-образования. Тем не менее за 15 лет в различных странах получен большой опыт развития образования в этом направлении. Рефлексия, анализ и специальные исследования позволяют обобщить и представить наиболее существенные черты данного подхода.

Если систематизировать представления о STEM-подходе, то для лучшего понимания можно представить их на нескольких уровнях:

- ▶ Что входит в представления о STEM-образовании на уровне всей системы образования?
- ▶ Что представляет собой реализация STEM-подхода на уровне отдельной школы?
- ▶ Что отличает STEM-образование на уровне отдельного урока?

СИСТЕМА ОБРАЗОВАНИЯ

STEM-подход в образовании делает акцент на изменяющихся потребностях в кадровых ресурсах и развитии общества. Для системы образования это вопрос о содержании и целях современного образования. Весь мир находится в поиске этого ответа, предлагая различные варианты.

Сегодня мы можем выделить две основные линии в поиске ответов на этот вопрос: развитие STEM-грамотности для всех и углубленная подготовка кадров для высокотехнологичных областей.

Развитие STEM-грамотности для всех

Обеспечение каждого учащегося инструментами инновационного мышления и опытом того, как использовать математику, инженерию и науку для решения разных профессиональных задач:

- развитые логика и мышление;
- умение ставить и решать задачи;
- научный взгляд на мир: умение исследовать, анализировать, доказывать;
- командная работа, коммуникация;
- творчество;
- цифровая грамотность.

Подготовка кадров для высокотехнологичных областей

Углубленное STEM-обучение мотивированных старшеклассников и студентов, чтобы дать им возможность добиться успеха в области науки и техники, войти в технологический сектор и преуспеть:

- мотивация к инженерным и техническим специальностям и карьере в сфере науки и технологии;
- доступ к лабораториям, где проводятся эксперименты и решаются промышленные задачи для опыта и практики;
- отсутствие барьеров, ограничивающих карьерный и профессиональный рост;
- углубленные знания в области науки, технологии, инженерии и математики.

Два этих взгляда на развитие системы образования не являются взаимоисключающими, но предполагают различные стратегии для действий.

В случае акцента на STEM-грамотности для всех актуальной задачей становится пересмотр содержания и принципов организации школьного образования, введение в него новых оснований. Акцент на подготовку высококвалифицированных кадров обращает внимание на организацию каналов доступа к необходимым знаниям, ликвидацию барьеров, создание дополнительных условий и общей заинтересованности в научно и технически ориентированном секторе экономики. Для дальнейшей глубокой проработки моделей STEM-образования на уровне всей системы важно различение таких подпроцессов, как подготовка, функциональная грамотность, обучение, воспитание и собственно образование в узком значении. В этой работе можно опираться на белорусские разработки, в частности, на подходы к анализу и проектированию образовательных систем Владимира Мацкевича⁶. Они были разработаны около 20 лет назад и сегодня становятся все более актуальными.

⁶ Мацкевич В. Образование // Образовательная политика, 2010, No 1-2

В различных компонентах системы образования элементы STEM (например, исследования и проекты) должны иметь свои формы и уровень:



в детском саду и начальной школе упор делается на исследования – освоение понятий и процедур, которые связаны с научной и исследовательской деятельностью, и сама исследовательская деятельность в малых группах;



в средней школе серьезное внимание уделяется подготовке детей к выполнению практических проектов через реальную и тренировочную проектную деятельность в учебных группах;



в старшей школе ядро учебы составляет практическая проектная исследовательская деятельность, предусматривающая включение детей в учебные, исследовательские или профессиональные проекты, выполняемые под кураторством университета или компаний.

Реализация STEM-подхода в рамках системы образования в целом включает в себя ряд требований:



Включение компонента STEM в процесс обучения в школах и вузах. С этой целью происходит реформирование или коррекция образовательных программ прежде всего начальной и средней школы. В частности, в США STEM-предметы в том или ином виде включаются в программы начальной школы, а в средней и старшей школе появляется специализация и создаются партнерские программы с бизнесом и университетами. В российской школьной практике вводится целая образовательная область «Технология», а в США разрабатывается общий предмет «Наука» (Science). Речь идет как об усилении таких предметов, как математика, физика, биология, программирование и т.д., так и о развитии (или введении) практик работы учащихся над проектами, создании инженерных и технологических конструкций, поиска решения проблем и т.д.



Подготовка и переподготовка преподавателей, которые должны обладать знаниями и компетенциями для новых образовательных программ. С этой целью во многих странах приняты национальные программы поддержки учителей. Помимо государства в подготовку педагогических STEM-кадров и повышение их квалификации включены и коммерческие агенты, которые фокусируются на повышении профессионализма существующих учителей и студентов STEM-специальностей. Кроме того, на государственном уровне в США и Евросоюзе работают платформы, на которых агрегированы ресурсы для преподавания STEM-предметов в школах и вузах (например, Национальный STEM-центр Великобритании в Йорке⁷). Актуальными для белорусской ситуации являются опыт и способность педагогов самим проводить исследования и разработки, включать в образовательные программы практиков, которые владеют этими навыками и имеют собственный опыт.



Тесная связка «Школа – Университет – Город – Индустрия». Школьные учителя и ученические проекты встраиваются в университетские образовательные и исследовательские программы. Это дает возможность постоянного повышения квалификации педагогов и актуальности научных задач, которые решаются в ходе образовательной программы. Темы, проблемы и задачи обучения часто предлагаются «Городом» – местным самоуправлением, сообществами, индустрией. Сопряженность с высшим образованием, с практикой и индустрией города обеспечивает развитие социальной ответственности, вовлечение школы в решение проблем локального сообщества, дает гибкую и практическую профориентацию.

⁷ National STEM Center, University of York, www.stem.org.uk

Чтобы обеспечить масштабируемость инновационных процессов в рамках всей страны, установка на развитие STEM-образования закрепляется на законодательном уровне. В США курс на STEM-образование на уровне государства дополнительно зафиксирован в Федеральном 5-летнем стратегическом плане по STEM-образованию (2013–2018) и Законе об успешности каждого ученика (2015). В России ожидается появление государственной программы разви-

тия STEM-образования. В Европе работают законодательные программы в области STEM-образования на национальном и общеевропейском уровне. Важным фактором развития STEM-образования становится академическое направление – проведение глубоких исследований тех практик, которые реализуются, поиск средств оценки и мониторинга эффектов, концептуализация подхода и разработка стратегических планов и учебных материалов по STEM.

В Беларуси пока нет широких государственных программ развития и поддержки STEM-образования. Хотя в рамках Академии последипломного образования и Республиканского института профессионального образования реализуются экспериментальные программы и проекты, в которых разрабатываются отдельные методики и подходы, проходит переподготовка учителей и др.

В качестве актуальных компонентов STEM-образования белорусские специалисты и энтузиасты отмечают:

1 эффективную профориентацию. Возможность для школьников познакомиться с современными и перспективными профессиями, профессионалами, попробовать себя и определиться;

2 введение новых направлений – «Конструирование», «Прототипирование», «Моделирование», «Умные цифровые лаборатории» и др. в рамках дополнительного образования (кружки, факультативы);

3 развитие мотивирующих площадок и форматов (хакатоны, олимпиады, конкурсы и т.д.).

ШКОЛА

Несмотря на усилия некоторых стран в отношении общенациональных программ продвижения STEM-подхода, пока ключевым объектом (и часто субъектом) изменений является отдельная школа, коллектив которой стремится к инновациям. Для школ, с одной стороны, отсутствуют какие-то общепринятые и обязательные решения, которые диктовали бы необходимый набор действий. С другой стороны, каждая школа имеет свой уникальный контекст и условия деятельности. Тем не менее можно выделить некоторые основополагающие принципы, реализация которых характеризует STEM-образование на уровне отдельной школы. **Эти принципы касаются организации программы, построения учебного процесса, организации взаимодействия всех его участников.** Когда речь заходит о том, что именно необходимо делать, чтобы в рамках работы школы развивать STEM-подход, можно опираться на элементы и характеристики STEM-школы, которые были сформулированы по итогам исследования Stem School Study, проведенного Университетом Чикаго⁸.

⁸ The STEM School Study

STEM-ШКОЛА ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ 6 ОСНОВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

1 ОБУЧЕНИЕ ПОСТРОЕНО НА РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ (PROBLEM-BASED LEARNING)

Изучение STEM-предметов происходит на основе анализа проблем и вызовов современного мира. Работа с проблемами идет в рамках создания проектных групп и команд. Проблемы становятся отправной точкой и центром, вокруг которого выстраивается обучение и освоение STEM-предметов. В решение проблемы включаются все навыки и способности учащихся (анализ данных, прогнозы и т.д.). Работа в проекте должна стимулировать учащихся «копать» – искать данные, аргументы, объяснения, критику и т.д.

4 РАЗВИТИЕ КАРЬЕРНЫХ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЖИЗНЕННЫХ НАВЫКОВ (CAREER, TECHNOLOGY AND LIFE SKILLS)

Активное включение в образовательный процесс и использование новых технологических возможностей, в том числе новых технологий обучения. Освоение самостоятельных возможностей обучения. Включение учащихся и элементов образовательных программ в курсы или проекты университетов и колледжей. Обучение навыкам коммуникации, публичной презентации и т.д.

2 АКЦЕНТ НА «МЕСТНЫХ» ПРОБЛЕМАХ (RIGOROUS LEARNING)

Проблемы, с которыми работают учащиеся, должны быть связаны с реальной жизнью и повседневностью. Они должны быть близкими и понятными. Это не стандартные или типовые проекты и проблемы. Учителя вовлечены в формулирование проектов и их реализацию. Итоги реализации проектов должны показывать видимую практическую ценность и сделать жизнь немного лучше.

5 ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ (PERSONALIZATION OF LEARNING)

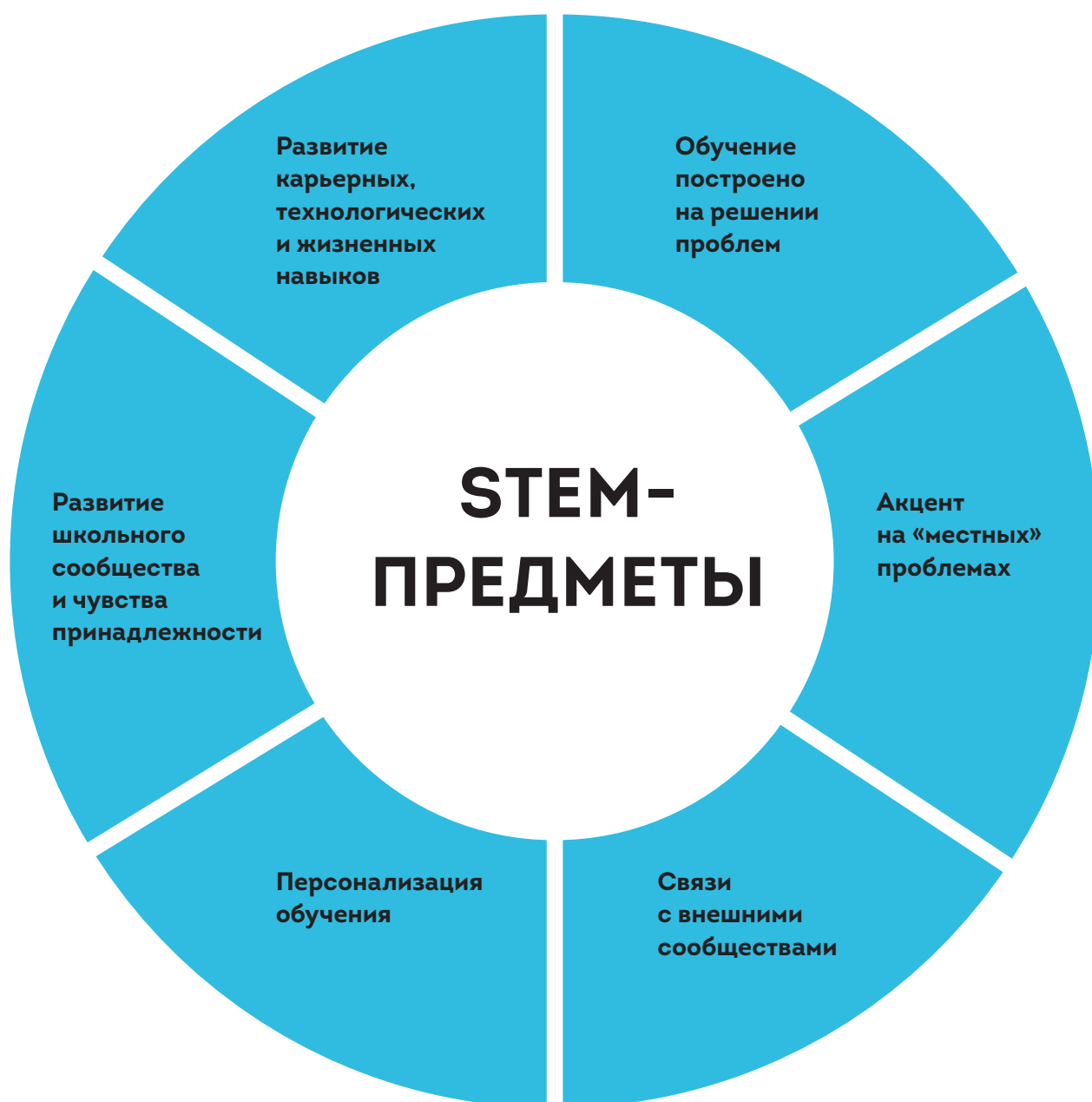
Настройка обучения на способности и траекторию ученика. Привязка к жизненному миру и обстоятельствам их жизни. Внимательное изучение и анализ способностей каждого для подбора подходящих по интересам и уровню групп. Гибкие графики и расписания.

3 РАЗВИТИЕ ШКОЛЬНОГО СООБЩЕСТВА И ЧУВСТВА ПРИНАДЛЕЖНОСТИ (SCHOOL COMMUNITY AND BELONGING)

Должна быть создана атмосфера уважения и доверия, которая позволяет школьникам и учителям работать вместе. Обеспечивается комфортное введение новых членов сообщества (учеников) в групповой учебный процесс. Эффективными практиками здесь являются работа в малых группах; организация внеклассных, клубных или других занятий; помощь и сопровождение проектных команд (групп) со стороны педагогов, а также создание Кодекса школы с закрепленными элементами этноса и внимание к ним всего коллектива школы.

6 СВЯЗИ С ВНЕШНИМИ СООБЩЕСТВАМИ (EXTERNAL COMMUNITY)

Развитие связи между STEM-школами и более широким внешним сообществом. Речь идет о местных сообществах, общественных объединениях, городских инициативах, а также муниципалитетах, государственных структурах и бизнесе. Учащиеся участвуют в проектах, волонтерской деятельности и т.д. Важно также взаимодействие между STEM-школами для обмена опытом, методиками и новыми идеями. Выделенные элементы STEM-школы создают условия для эффективного усиления непосредственно STEM-предметов.



Для устойчивой реализации STEM-подхода в школе важны два поддерживающих фактора:

Развитие персонала школы (Staff Foundations).

В школе идет совместная работа над идеями и планами, организована рефлексия этой работы. Специально выделено общее время планирования и индивидуальное время планирования. Обеспечена «поддержка риска», то есть возможность поиска и экспериментов, автономия в содержательных решениях. Стимулируется постоянное участие сотрудников (учителей, администрации, технического персонала) в соответствующих мероприятиях по профессиональному развитию и росту. Сотрудники школы разделяют общие смысл и ценности работы школы.

Внешние факторы (Essential Factors).

Для развития STEM-школы необходим учет факторов окружающей среды, в том числе наличие общих программ и инфраструктуры для развития подхода, отношения с местными бизнесами, университетами и государственными учреждениями. Важным также является учет актуальных социальных вопросов. Например, необходимость представить в школе все социальные слои и группы или сделать акцент на вовлечении определенных групп.

Специалисты, занимающиеся STEM-образованием в Беларуси, отмечают сложности для введения проектного подхода и междисциплинарности на уровне школы. Классно-урочная система имеет существенные ограничения. Без ее кардинального изменения перспективы работы перемещаются в следующие направления:

- ▶ кружки, факультативы и дополнительное образование, где могут реализовываться новые формы и новое содержание;
- ▶ изменение качества отдельных уроков. Введение исследовательских и проектных методов и техник преподавания;
- ▶ организация «проблемных недель», которые могут заменить «предметные недели» и позволят педагогам разных дисциплин сосредотачиваться на той или иной проблеме и взаимно усиливаться;
- ▶ кооперация на уровне отдельных учителей и предметов для фиксации на изучении одних и тех же законов (схем, моделей) на материале различных областей знаний, постановки общих задач и «якорных точек»;
- ▶ обеспечение свободного доступа к мастерским, оборудованию (микроскопу, реактивам, материалам) для творчества, экспериментов, исследований и реализации проектных идей.

УРОК, ЗАНЯТИЕ ИЛИ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

Самый базовый уровень внедрения STEM-подхода – это отдельный урок или учебная программа. Для белорусской ситуации этот уровень пока остается ключевым и наиболее доступным. Здесь сосредоточены основные усилия и идет поиск методов и подходов к работе. Поэтому особенно важными становятся такие площадки и ресурсы, которые собирают и систематизируют различный опыт. Среди них следует назвать National STEM Center (UK), TeachEngineering, NASAWAVELENGTH.

Несмотря на широкое разнообразие методов и техник работы на уроке, можно выделить несколько важных принципов, которые являются ориентирами для разработки программ и подготовки уроков.

Инициатива GoStem определяет STEM как подход в образовании, основанный на естественной связи четырех дисциплин, и выделяет три ключевых принципа такого подхода:

- **прикладной характер к проблемам реального мира;**
- **обучение через решение проблем и критическое мышление;**
- **интеграция разного контента.**

⁹ The Greater Oregon STEM Hub

Раскрывая эти принципы, можно обозначить ряд характеристик, применительно к созданию уроков или учебных программ:

- ■ Предлагать «открытые» задачи, позволяющие искать решение в разных направлениях, обращаться к различным областям знаний и использовать все возможные пути получения необходимых знаний (Интернет, книги, собственный опыт, эксперименты, исследования и т.д.).
- ■ Предлагать задачи и проблемы, в которых существует множество решений и «правильных» ответов.
- ■ Изучать научные закономерности через «свой путь открытий».
- ■ Двигаться от решения практических и конкретных задач к общим решениям, понятиям и более высокому уровню абстракции, идеям и теориям.
- ■ Включать в поиск решения различные науки и математику, акцентировать внимание на аргументации, доказательстве и логике.
- ■ Включать в обсуждение и решение проблем вопросы экономики, культуры, истории, этики, ответственности, экологии и т.д.
- ■ Включать игровые и соревновательные элементы.
- ■ Давать возможность делать опыты и что-то создавать своими руками, трогать, пробовать и создавать устройства, приборы или решения, которые можно использовать в жизни.
- ■ Конструировать из подручных материалов, делать проекты с очень ограниченным бюджетом, что развивает воображение и актуализирует знания и способности в области экономики, управления и т.д.
- ■ Организовывать командную работу (группы, пары, тройки), стимулировать необходимость коммуницировать, договариваться, искать общие решения, сотрудничать.
- ■ Включать в обучение презентацию полученных результатов перед группой, получение обратной связи от соучеников или профессионалов, организовывать взаимное оценивание в группе.

Основной фокус в организации урока состоит в том, чтобы показать, что все самые интересные проекты создаются на стыке наук. Речь идет о проектах, расширяющих представления человека об окружающем мире и улучшающих его жизнь.

Одной из базовых установок STEM-урока, которая сегодня остается самой методически сложной и в то же время самой важной, является освоение школьниками практики и методов исследования. Специалисты отмечают, что освоение самого исследовательского подхода и получение такого опыта могут быть важнее, чем конкретное полученное в результате знание. Вторая важная установка – освоение инженерного дела, то есть создание нового в ответ на задачу. В рамках этой установки школьник учится находить решения конкретных задач и создавать прототипы для новых механизмов, техник, программ.

Наука и Инжиниринг – это не взаимоисключающие дисциплины. Они по-разному построены, но тесно связаны друг с другом, так как успех в одной из них определяет и обеспечивает достижение успеха в другой. Команда Vista Teach¹⁰ предлагает следующую формулу организации освоения научного метода и инжинирингового дизайна в рамках уроков.

НАУЧНЫЙ МЕТОД

Наука – дисциплины, основанные на исследовании.

Ученые – экспериментальные исследователи, цель которых заключается в постановке вопросов и поиске знания о жизни, используя инструменты инжиниринга.

Ученые строят свою практику, расследуя, исследуя и задавая вопросами: Мне интересно как... Мне интересно почему, где... А что если...



ПРОЦЕСС ИНЖЕНЕРНОГО ДИЗАЙНА

Инжиниринг – задачно-ориентированные дисциплины.

Инженеры – это стратеги, цель которых – достижение решения вопросов, создание, фиксация, используя полученные наукой знания.

Инженеры определяют цели, которых могут достигнуть, и продукты, которые могут создать, в соответствии с определенными критериями, отталкиваясь от установки: Мне необходимо... (жидкий мост). Я хочу... (новый двигатель).



¹⁰ Vista Tech Instructional Services

В целом мы видим, что для новых подходов в образовании становится крайне важным освоение методов мышления и поиска, которые занимают место знаний фактов. В этом направлении не менее важным становится понимание отличий не только естественно-научного и инженерного подходов, но и подхода к гуманитарным и социальным явлениям. Образовательный подход, основанный на освоении и рефлексии методов, активно развивается в Беларуси педагогической концепции В. Мацкевича¹¹.

В качестве практических рекомендаций от практикующих STEM-педагогов можно привести слова Майкла Окино (Michael Occhino, Warner School of Education University of Rochester):



«Главное – не запоминание, а понимание процесса, явления...»



«Важно использовать якорные точки. Например, кривая, описывающая законы термодинамики, изучается в трех разных дисциплинах...»



«Чтобы новые знания запоминались, нужно их проживать...»



«Изучение от частного к общему...»



«Учитель, сам ни разу не проводивший исследовательскую работу, не может научить исследованиям и детей...»

¹¹ Мацкевич В. «Полевые этюды об образовании». 2008.

ЧТО ДЕЛАЮТ, ЧТОБЫ РАЗВИВАТЬ И ПРОДВИГАТЬ STEM?

В продвижение и реализацию STEM-подхода в образовании вовлечены разные субъекты. Это государственные органы и структуры, местные сообщества и органы самоуправления, бизнес и корпорации, отдельные образовательные учреждения и сети, общественные объединения, ассоциации и профессиональные сообщества, отдельные педагоги. Каждый из них избирает свою стратегию действий, исходя из общей ситуации, своих интересов и возможностей. Чтобы сориентироваться в разнообразии действий, мы предлагаем типологию различных практик, среди которых каждый субъект действия может найти свой путь.

Действия, направленные на развитие концептуального, методологического и методического обеспечения STEM-подхода в образовании:

- ▶ организация исследований, анализ имеющихся практик, систематизация и концептуализация (например, исследования Royal Academy of Engineering);
- ▶ создание программ для оценки уровня гражданской (молодежной) вовлеченности в STEM-сферу, разработка методов оценки эффективности действия национальных и локальных программ;
- ▶ создание пилотных проектов или экспериментальных школ, где апробируются новые методы и разрабатываются рекомендации и методы для дальнейшего распространения, мультипликации;
- ▶ разработка и апробация новых учебных предметов, работающих в междисциплинарном подходе («Технология», «Наука» и т.д.).

¹² Royal Academy of Engineering "The UK STEM Education Landscape, 2016"

Действия, направленные на развитие связей между различными субъектами и факторами, их взаимное усиление, координация:

- ▶ выстраивание связей между образовательными учреждениями и инициативами и академическими и бизнес-субъектами (научные институты, проекты, высокотехнологичные индустрии и т.д.), чтобы дать учащимся возможность участвовать в стажировках и работать над реальными проектами;
- ▶ создание преемственности в STEM-процессах от школы (дошкольных учреждений) до университета и далее до рабочего места, повышая таким образом прикладную ценность выбора STEM-направления и создавая реальный канал для построения индивидуальной траектории;
- ▶ создание платформ и ресурсных площадок, где концентрируются новые разработки, модели, образцы, и они становятся доступными для изучения и применения;
- ▶ организация сетей и различных мероприятий для активной коммуникации, обмена опытом, рефлексии и поиска партнеров для совместных действий.

Действия по организации широкого доступа к STEM-образованию, вовлечению в него различных групп, организации профориентации:

- ▶ создание STEM-центров или STEM-клубов (на базе школ или других организаций) как сети проектных лабораторий для школьников, деятельность которых нацелена на организацию практических исследований и повышение интереса к изучению точных, инженерных и естественных наук. Они часто играют роль начальной профессиональной ориентации;
- ▶ организация летних лагерей, выездных школ, форумов и других мероприятий, в рамках которых происходит демонстрация новых инициатив, достижений и перспектив в развитии сферы;
- ▶ обеспечение необходимыми ресурсами (оборудование, методики, опыт) инициативы «на местах». Предоставление инициативным педагогам, школам и коллективам помощи для развития своих площадок;
- ▶ развитие образовательных STEM-программ на базе музеев, библиотек, галерей и других общественных пространств, к которым есть свободный доступ всех заинтересованных.

Действия по обучению, переобучению и повышению квалификации для педагогов, сотрудников школ и руководства учебных заведений:

- ▶ стажировки и обмен опытом, включение педагогов в сети и сообщества, практикующие STEM-образование;
- ▶ программы (краткосрочные и долгосрочные) по подготовке педагогических кадров; разработка программ, методик и методических материалов для сотрудников учреждений образования и инициатив.

ДИСКУССИИ ВОКРУГ STEM-ОБРАЗОВАНИЯ

Развитие STEM-подхода в образовании задается не только активностью различных субъектов, но и теми проблемами, которые необходимо решать. Речь идет как о трудностях роста или преобразования старой системы, так и о концептуальных вызовах. Обозначим ряд вопросов, которые сегодня составляют предмет горячих дискуссий и пока не имеют однозначных решений.

STEM ИЛИ STEAM?

Дискуссия ведется вокруг вопроса о том, на что должен быть сделан акцент в образовании для будущего. STEM концентрируется на усиленной подготовке в области математики, науки и технологии. Предполагается, что освоение этих областей позволит человеку быть наиболее эффективно встроенным в современную индустрию. Добавление «А» («art – искусство») переводит акцент не на эффективную подготовку к рынку труда, а на общие способности человека к работе с миром, к креативности, критическому мышлению. Сторонники STEM скорее ориентированы на задачи обеспечения экономики профессиональными кадрами и на успешную индивидуальную карьеру в новых развивающихся областях. STEAM привлекает тех, кто ориентирован на развитие творческих способностей, креативности и т.д. Здесь актуализируются вопросы целей образования и представлений о «человеке будущего».

Можно отметить также и разночтения в том, каким образом следует переводить и понимать, например, Science – как науку в целом (научный подход) или как естествознание, Engineering – как инженерию или инженерное дело. Эти аспекты связаны с пониманием целей образования и его содержания.

«НЕ ИТ ЕДИНЫМ»

Стремительное развитие и популяризация ИТ-сектора рождает особый интерес к программированию и робототехнике. Это вызывает опасения тех, кто озабочен более гармоничным и всесторонним развитием различных областей, в том числе наук и технологий, которые напрямую не связаны с ИТ. Их развитие требует больших усилий, ресурсной базы и времени (медицина, приборостроение и т.д.). Требуется также серьезный вклад в развитие науки (фундаментальной) и подготовку соответствующих специалистов. Эта дискуссия отчасти пересекается с указанной выше, так как апеллирует не только к вопросу о том, какая отрасль экономики

важнее, но и к оценке перспектив рынка труда и занятости в будущем. Речь идет о важности 4К компетенций (коммуникация, креативность, коллаборация и критическое мышление), которые задают значительно более широкие требования к образованию, помимо освоения цифровой грамотности, программирования и робототехники.

СОВМЕСТИМОСТЬ НОВОГО ПОДХОДА СО «СТАРЫМ» ОБРАЗОВАНИЕМ **(классно-урочная система или проектный и проблемно-ориентированный подход)**

STEM-подход часто работает и развивается в дополнительном образовании (особенно в Беларуси). Для его инкорпорирования в формальное общее школьное (и университетское) образование требуется серьезная перестройка оснований, на которых построено последнее. Начиная от предметной организации учебного содержания и классно-урочной системы и даже времени на урок и заканчивая критериями для оценки успешности образовательного процесса. Вопрос состоит также в необходимости согласовывать стандарты в различных компонентах и уровнях образовательной системы. Эта проблема актуальна для всех стран, так как требуется решение о пересмотре стандартов и регуляций. Для стран с более высокой степенью автономии, локальных учреждений образования (например, США) этот вопрос менее радикальный. Для Беларуси решение о пересмотре стандартов и рамок свободы для учебных программ напрямую связано с перспективами внедрения STEM-подхода в формальное образование. Проблема состоит не только в наличии решения перестроить систему образования, но и в готовности концептуальных и организационных оснований для этого, а именно разработки новых программ и предметов, новой организационной структуры и стандартов.

С другой стороны, в поле неформального, дополнительного образования, а также в рамках компаний и корпораций, в online-пространстве нарастает объем экспериментов и программ методом проб и ошибок, которые уже составляют все большую конкуренцию стандартному школьному образованию.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИЛИ ЧАСТНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ

Критики STEM-подхода высказывают опасения по поводу увлеченности практическими и частными задачами и слабого развития фундаментальных знаний, общих понятий и концептов, способности оперировать сложными абстрактными идеями и моделями. В качестве ответов со стороны STEM на такую критику есть несколько предложений. Например, пересмотр того минимального уровня знаний, который необходим для всех, ограничение этого уровня простыми и практичными вопросами. Углубление и освоение более фундаментальных знаний предлагается перенести на индивидуальную траекторию. Другое предположение состоит в том, что практико-ориентированные задачи и проекты служат лишь точкой входа и мотивации для освоения фундаментальных знаний. Третьим предложением можно назвать установку на то, что все решаемые конкретные задачи должны обязательно вести к освоению общих решений, теорий и идей.

Тем не менее в каждом конкретном случае реализации STEM-подхода в образовании вопрос совмещения фундаментальности и системности с практической ориентированностью и конкретностью задач – это актуальный вызов.

НЕОЛИБЕРАЛЬНЫЙ ВЫЗОВ

Высокий интерес и включенность в организацию STEM-образования больших корпораций и компаний не всегда рассматривается как социальное благо и вклад в развитие людей. В такой заинтересованности критики видят и «корыстный интерес»: когда более широкое и разностороннее образование заменяется привлекательной (с точки зрения возможностей на рынке труда) и относительно простой, короткой подготовкой для актуальных рабочих запросов самих компаний. Тогда как общее развитие, а с ним и реальная возможность профессионального роста становятся менее притягательными и более сложными. В итоге мы получаем массу рабочей силы для решения простых задач. С другой стороны, современное пространство для образования и развития давно вышло за рамки формальной системы и предлагает широкий спектр возможностей для индивидуальности. Проблему составляет то, что вся ответственность за разработку образовательной траектории перекладывается на плечи (голову) того, кто учится.

СОЦИАЛЬНОЕ НЕРАВЕНСТВО И ГЕНДЕРНЫЙ ВОПРОС

IT и высокотехнологичное производство являются сегодня наиболее престижными областями. Они связаны как с высокими доходами, так и с растущим социальным статусом. Поэтому несмотря на то, что STEM-образование призвано преодолевать социальное неравенство, доступ к престижной области по-прежнему связан с социальными и культурными барьерами, стереотипами, а также с ограничениями инфраструктуры. Так, актуальным остается вопрос STEM-образования для девочек, особенно если оно вынесено за рамки школьной обязательной программы. По мнению специалистов, требуются дополнительная и специальная работа, которая позволит девочкам преодолеть имеющиеся психологические, социальные и культурные барьеры, чтобы на равных включиться в освоение STEM-предметов, работу проектов и т.д.

Еще одним вопросом социального неравенства является невозможность для мотивированного и талантливого подростка из маленького города или деревни получить доступ к лабораториям, учителям, технике и т.д. Online-образование частично решает эту проблему, но по-прежнему остаются вопросы о доступности к среде и сообществу, где могли бы развиваться школьники.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Такой краткий обзор состояния STEM-образования позволяет сделать несколько обобщающих выводов. Во-первых, интенсивность и разноплановость STEM-поиска можно рассматривать как яркий симптом назревших трансформаций в сфере образования.

Он сигнализирует о несоответствии имеющейся системы образования ни инновационным процессам, ни современной экономике, ни вызовам, стоящим перед человеком в его индивидуальном развитии. Сегодня STEM-подход – это зона активного поиска, эксперимента и инноваций в образовании. Во-вторых, несмотря на сосредоточенность на естественных науках, инженерии, технологиях, вопросы STEM-образования – это вопросы и проблемы из области гуманитарных и социальных наук, но прежде всего методологии, управления, организации деятельности. Что должно быть содержанием образования? Как может быть устроена педагогическая практика? Как должна быть организована система образования? Какие функции и процессы должно обеспечивать образование в обществе и экономике? Накапливая опыт и практику, следует переходить к точной формулировке и решению этих концептуальных и методологических задач. Без ответов на эти вопросы сложно будет производить системные изменения. И для таких ответов в Беларуси есть разработки и база, которые были не очень востребованы до последнего времени. В-третьих, в STEM есть место всем. Для развития STEM-образования важно включение самого широкого круга участников, каждый из которых может находить собственную нишу и свой интерес. Здесь важны усилия не только педагогов или специалистов образования, но и представителей высокотехнологичных индустрий, родителей, школьников и студентов, университетов, библиотек, музеев и т.д.

Определяя перспективы развития STEM-подхода в Беларуси, мы можем опираться на достижения и практику других стран, понимание белорусского контекста, представления, опыт и актуальную деятельность белорусских педагогов, руководителей и экспертов, а также на те дискуссии, что сопровождают процесс развития STEM-образования в нашей стране. Обобщая все это, можно выделить 6 наиболее перспективных направлений для действий в ближайшее время.

1

ПОВЫШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ КОММУНИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ

STEM-ОБРАЗОВАНИЯ. Содержание этой коммуникации определяется широким спектром вопросов, которые требуют обсуждения, начиная с простого знакомства с теми, кто работает в данной теме, практикует на разных уровнях и в разных областях, обмена опытом, проблем и затруднений и заканчивая коммуникацией по поводу нового содержания образования, разработки новых программ и концепций. Сегодня востребованы самые разные форматы такой коммуникации: вдохновляющие выступления, дискуссии вокруг острых проблем, обмен опытом и презентация методик, техник, практик, рабочие группы и совместные проекты.

2

ПРОДВИЖЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О STEM-ОБРАЗОВАНИИ среди широкой общественности и прежде всего среди родителей, подростков и других потенциально заинтересованных. Это направление – обеспечение общественного запроса и востребованности STEM-образования. Речь идет о прояснении актуальности инженерного дела, научного подхода, развития технологий и вместе с ними значимости комплекса STEM для будущих карьер. Это направление означает выход в медиа, на площадки и сообщества родителей, создание специальных проектов и инициатив в области PR.

2

ПОДДЕРЖКА ИНИЦИАТИВЫ И СВОБОДЫ В ПРАКТИКЕ ПЕДАГОГОВ И УЧЕНИКОВ.

Поскольку сегодня продвижение и развитие STEM-образования лежит в области частной инициативы (отдельные люди, группы, частные школы), они окружены неблагоприятной средой. Неблагоприятность состоит в высоком уровне зарегулированности и стандартизованности, а также в распространенности установок безынициативности и профанации даже хороших идей. Такой общий фон требует серьезных усилий для проявления свободы и инициативы. Поэтому каждая инициатива требует поддержки как на уровне социальных отношений, моральной поддержки, так и на уровне ресурсов, возможностей и инфраструктуры.

3

СОЗДАНИЕ ПЛОЩАДКИ (ONLINE И OFFLINE), методического хаба как места сбора и постоянного обмена опытом, техниками, идеями. Из-за разрозненности людей и инициатив и в связи отсутствием в STEM-подходе готовых решений необходима свободная площадка для циркулирования всех компонентов развития подхода. Он может стать местом появления инициатив, развития отдельных проектов и постоянной площадкой коммуникации различных стейкхолдеров.

4

ПЕРЕПОДГОТОВКА ПЕДАГОГОВ И ВОВЛЕЧЕНИЕ В ОБРАЗОВАНИЕ ПРАКТИКОВ, ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ, ИНЖЕНЕРОВ.

Как отмечалось, для разворачивания STEM-программ требуется переобучение педагогов и управленцев. Особое значение имеет обучение исследовательским практикам, а еще лучше – включение учителей в реальные исследовательские и инжиниринговые практики. Это означает, что переподготовка должна проходить не в замкнутой образовательной системе, а выходить во взаимодействие с исследовательскими институтами, университетами и реальными компаниями, индустрией. Вторая часть этого направления – вовлечение в образовательные процессы тех, кто может включить в свои действия практику и показать, как это делать.

5

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ новых дисциплин, нового содержания и моделей организации образования, поиск межпредметного содержания и способов его передачи. Такая работа может вестись только во взаимодействии и координации с международными центрами подобных разработок – ассоциациями, STEM-центрами, университетами, институтами. В частности, разработок таких дисциплин, как «Технология», «Наука», разработка новых стандартов для школы и т.д.

Здесь необходимо выйти за рамки преподавательских практик и обратиться к вопросам современного содержания образования и его оснований, а также общих методологических оснований педагогики и образования как системы деятельности.

ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

При составлении этого документа мы опирались на ряд источников, которые могут быть полезны тем, кто хотел бы глубже разобраться в теме STEM-подхода в образовании.

ПРОГРАММЫ И ОТЧЕТЫ:



1. European Schoolnet Academy



2. Отчет Королевской Академии Инжиниринга «A Report for the Lloyd's Register Foundation from the Royal Academy of Engineering Education and Skills Committee»



3. Федеральный 5-летний стратегический план по STEM-образованию (2013–2018)



4. Сводка государственно-го федерального саммита-2018 по STEM-образованию (Summary of the 2018 State-federal STEM-education Summit)

ИССЛЕДОВАНИЯ:



1. Исследование Университета Чикаго “The STEM School Study”



2. Royal Academy of Engineering “The UK STEM Education Landscape, 2016



3. Научно-практическое образование, исследовательское обучение, STEAM-образование: Сборник докладов. Публикация Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» -



4. Актуальность STEM-образования в России как приоритетного направления государственной политики/ Сетевой научный журнал



5. Современное образование: радикальные изменения. Онлайн-курс. В. Мацкевич, Т. Водолажская.

ПРОЕКТЫ, УЧРЕЖДЕНИЯ:



1. VII Межрегиональный межведомственный образовательный форум «Наука искусство науки. STEM vs STEAM». Институт образования НИУ «Высшая школа экономики»



2. Магистерская программа «Обучение физике и STEM-образование». Московский городской педагогический университет



3. STEM-Академия и STEM-центры в России. Технический журнал Intel iQ.



4. Кафедра STEM в частной школе «Хорошкола» (г. Москва)



5. Инновационный образовательный проект «Разработка и внедрение образовательных программ по робототехнике для педагогов и учащихся через деятельность Лаборатории STEAM-АКАДЕМИЯ» (Беларусь)

ПЛАТФОРМЫ, СЕТИ И БАЗЫ:



1. Национальный STEM-центр Великобритании в Йорке - National STEM Center, University of York



2. The Greater Oregon STEM Hub



3. Vista Tech Instructional Services



4. The STEM Education Coalition

edu4future.by

