

Инженерное образование 2.0 на примере Технологического университета Эйндрховена

Тилбургский университет (Tilburg University), Технический университет Эйндрховена (Eindhoven University of Technology), Нидерланды
D.-J. W.M. Mulders

В ответ на недовольство, высказываемое представителями промышленности в 1990-х годах о преобладании теоретического уклона в подготовке выпускников инженерных специальностей, Технологический университет Эйндрховена первым разработал концепцию проектно-организованного обучения, которая стала успешно реализовываться начиная с 2000 года. Изменения и преобразования, произошедшие позднее в глобальном масштабе и на местном уровне, выявили необходимость проведения более существенной образовательной реформы в Технологическом университете Эйндрховена. В 2012 году была внедрена совершенно новая система подготовки бакалавров, которая и сегодня демонстрирует свою эффективность. Реформы других уровней подготовки, включая обучение в аспирантуре, продолжаются.

Ключевые слова: инженерное образование, профессиональные навыки, реформа образования, разработка учебных планов.

Key words: engineering education, professional skills, educational reform, curriculum design.

Инженерное образование 1.0: Классический подход

На протяжении многих десятилетий XX века представители промышленности, казалось, были абсолютно удовлетворены уровнем подготовки выпускников инженерных специальностей, однако в 90-е годы технические университеты Нидерландов стали получать первые жалобы со стороны корпоративного мира. Инженеры, выпускаемые университетами, имели хорошую теоретическую подготовку по соответствующим учебным дисциплинам, но очевидным стал недостаток практических навыков, необходимых для решения

реальных задач и использования интегрированного, междисциплинарного подхода. Поэтому выпускникам требовалось проходить дополнительное обучение на предприятиях, прежде чем они могли начать эффективно работать в реальных условиях.

Если мы посмотрим на систему инженерного образования XX века, то можно выделить следующий ряд характерных признаков:

- Все образование основывалось на изучении различных учебных дисциплин, например: машиностроение, электротехника, прикладная физика.



D.-J. W.M. Mulders

- Хотя в учебном процессе и присутствовали лабораторные и практические занятия, большую часть своего времени студенты проводили сидя в лекционных аудиториях, запоминая то, что рассказывали им преподаватели.
- Все предметы преподавались разными профессорами отдельно друг от друга. Задача интеграции предметов и полученных знаний оставалась за студентами.
- В общем, студенты играли довольно пассивную роль в процессе обучения. Они должны были делать заметки во время лекций, изучать литературу и продемонстрировать степень овладения предметом во время сдачи экзаменов, в которых первоочередной задачей было воспроизводство знаний.
- Теория и практика были строго разделены. Практическая часть заключалась в выполнении лабораторных работ и прохождении практики.
- Процесс обучения был нацелен на индивидуальную работу студентов и не предполагал (за редким исключением) командную работу или кооперацию студентов при выполнении заданий.

Учитывая вышеуказанные характеристики – давайте обозначим их как инженерное образование 1.0 – неудовлетворенность со стороны представителей промышленности не вызывает удивления. Это привело к тому, что студенты инженерных вузов обладали большим багажом теоретических знаний по отдельным дисциплинам, которые им было необходимо воспроизвести. При этом не уделялось должного внимания требованиям рынка труда.

Инженерное образование 1.1: Проектно-организованное обучение

К концу 1990-х годов стало ясно, что Технологическому университету Эйндховена (TU/e) необходимо принять какие-то меры. С целью устранения причин недовольства со стороны промышленности университет разработал и принял новую концепцию Проектно-организованного обучения – обучение через проектирование Design-Based Learning (DBL). В то время как классические элементы инженерного образования были сохранены, студенты-инженеры в новом тысячелетии примерно треть своего времени проводят в условиях проектно-организованного обучения (DBL).

А что же из себя представляет DBL? Национальному признанному профессору в области образования Wijnand Wijnen было поручено изучить этот вопрос. Выводом его исследования не стал какой-то один образовательный метод, а был предложен целый ряд характеристик, которые должны быть присущи определенной части учебного плана, чтобы можно было говорить о применении проектно-организованного обучения DBL.

Шесть основных DBL характеристик [9-10] включают в себя:

1. Профессионализация: проектно-организованное обучение должно быть больше ориентировано на профессию, а не основываться на структуре учебных дисциплин. Обязательным становится практическая связь с получаемой специальностью, процесс обучения становится более практико-ориентированным и прикладным в отличие от традиционных подходов в инженерном образовании.

2. Активизация (Вовлеченность) студентов: от студентов требуется более активное участие в учебном процессе, а не просто сидеть сложа руки в ожидании того, что для них

подготовлено. Они должны больше проявлять инициативу, а не просто следовать предписанным правилам, и проводить больше времени в небольших группах, а не быть частью большой толпы, в которой не легко заметить отсутствие участия со стороны студента. Поэтому обучение начинает подчиняться законам спроса, а не законам предложения как при традиционных подходах.

3. Взаимодействие между студентами: больше работать в команде, а не по отдельности, в менее однородных группах, так чтобы студенты взаимодополняли друг друга, а не каждый был сам за себя.

4. Креативность: работа становится более оригинальной и продуктивной, а не сводится к воспроизводству стандартных знаний; больший акцент делается на разработку новых решений, чем на применение уже известных решений; на разнообразие применяемых подходов, а не на единые методы.

5. Интеграция: теория и практика должны находиться в сочетании, а не быть разделены; больший акцент на взаимосвязь между дисциплинами, а не на их разделении; больший акцент на проблемно-ориентированное обучение, а не на изучение отдельных предметов; обучение командой преподавателей, а не только индивидуальное преподавание каждой дисциплины.

6. Мультидисциплинарность: учебный процесс не ограничивается изучением отдельных дисциплин, занятия более тематические (проблемно-ориентированные), охватывающие большой спектр инженерных задач, не ограниченных рамками одной дисциплины; более целостный (системный) подход, а не атомистический.

Пожалуйста, обратите внимание на функцию феномена проектирования во всем этом: DBL НЕ означает, что студентам читают курс по проектированию, в котором они учатся проектировать. Это означает, что проектирование является процессом, ко-

торый очень хорошо содействует применению всех шести характеристик, упомянутых выше. Поэтому подготовка студентов проходит через процесс проектирования. Другими словами: проектирование в этом случае является средством, а не конечным результатом.

В 2000 году в Технологическом университете Эйнховена приступили к реализации метода DBL в инженерных образовательных программах. Вскоре стало очевидно, что существует большое разнообразие в способах реализации метода DBL в рамках отдельных дисциплин, кафедр и образовательных программ. Принцип «всех под одну гребенку» здесь не подходит. Например, в программе промышленной и прикладной математики, наиболее предпочтительным способом реализации метода DBL стало создание условий, в которых студенты, разбившись по двое, работают над задачами по моделированию. В тоже время в такой дисциплине как Машиностроение студенты работают в небольших группах по 6-8 человек над проектами по решению задач из реальной практики. Подобное разнообразие было поддержано и у руководства вуза никогда не возникало намерения навязать (спустить сверху вниз) единую педагогическую модель.

Хотя изначально внедрение методов DBL проходило с некой неуверенностью и было встречено с заметной степенью внутреннего сопротивления к предлагаемым изменениям, которые предстояло преодолеть, через несколько лет методы и принципы проектно-организованного обучения DBL были распространены во всем университете (как отмечалось ранее: всегда в сочетании с более классическими образовательными технологиями в учебном плане). Инженерное образование 1.1 стало свершившимся фактом.

Оценка DBL

В 2007 году были проведены переговоры со всеми руководителями образовательных программ бакалавриата, чтобы провести неофициальную оценку достигнутых результатов внедрения DBL [8]. Руководители программ были единодушны в том, что характеристики профессионализации, активизации, взаимодействия и креативности успешно реализованы в учебном процессе Технологического университета Эйндрховена, посредством применения методов проектно-организованного обучения. Реализовать принципы Интеграции и Мультидисциплинарности оказалось сложнее.

Хотя изначально оценка личного вклада каждого при выполнении групповой работы вызывала определенные затруднения, со временем были предложены различные пути решения данной проблемы, часто посредством включения экспертной оценки вклада студентов при выполнении общей задачи. Этот подход был также использован для борьбы с проблемой «безбилетников» (попыткой отмолчаться, спрятаться за спинами других) при выполнении студентами командной работы.

Проектно-организованное обучение было призвано стимулировать студентов работать усерднее и тратить больше времени на обучение, иногда за счет дисциплин, изучаемых классическими методами. В общем, студенты были удовлетворены и даже с энтузиазмом восприняли внедрение проектно-организованного обучения через проектирование (DBL).

Руководители программ единогласно поддержали идею развития и дальнейшего применения проектно-организованного обучения.

Боле позднее исследование с применением рамки ACQA (Академические компетенции и Обеспечение Качества), разработанной в Технологическом университете Эйндрховена [5], показало, что результативность курсов с применением методов DBL

значительно выше по всем показателям, кроме интеграции, по сравнению с курсами, не использовавшими методы DBL [7]. Различия в степени результативности между курсами с применением методом DBL состояли в основном в области мультидисциплинарности. Дополнительные исследования показали контраст между проектно-организованными курсами и курсами без применения методов DBL в части формируемых компетенций. Если в DBL курсах основной акцент делался на компетенции в области системного подхода, проектирования, взаимодействия и коммуникации, то в курсах без применения методов DBL больше внимания уделялось развитию интеллектуальных базовых навыков, научного подхода и абстракции, с основным акцентом на наличие знаний по отдельным дисциплинам.

Таким образом, благодаря внедрению проектно-организованного обучения был подчеркнут справедливый баланс между различными формируемыми компетенциями.

Новые потребности и новые вызовы

Частью миссии Технологического университета Эйндрховена является воспитание нового поколения инженеров будущего, то есть инженеров, которые способны внести значительный вклад в развитие общества через десять, двадцать или сорок лет [6]. Никто не в состоянии предсказать с какой-либо степенью определенности или точности то, каким будет наше общество. Поэтому инженеры должны обладать набором общих компетенций, необходимых и востребованных, независимо от того каким станет будущее. Американская Национальная академия инженеров (NAE) разработала четыре сценария развития мира в будущем [1]:

1. Следующая научная революция, с технологией в качестве движущей силы будущих изменений.

2. Биотехнологическая революция, с ключевыми элементами в виде социальных последствий технологических инноваций и отношений в обществе.

3. Сценарий мира природы, в котором силы природы определяют будущее всего человечества, с отведением инженерам роли прогнозирования и разработки методов для управления (сдерживания) природных явлений.

4. Влияние глобальных изменений, при которых глобализация и мировые проблемы являются ключевыми.

Так как никто не может предсказать будущее и мир, вероятно, будет развиваться по некому объединенному сценарию из предложенных вариантов, задача технических университетов состоит в подготовке инженеров таким образом, чтобы они были способны играть значимую роль в каждом из обозначенных NAE сценариев. Это привело Технологический университет Эйндрховена к выводу, что универсального инженера будущего не существует, и что необходимо готовить и обучать разных инженеров [3].

Хотя будущее, действительно, во многом непредсказуемо, некоторые события могут быть определены и предсказаны с большей степенью ясности [6]. Одной из таких тенденций является то, что технологии играют все более важную роль в частной жизни людей (мобильные телефоны, Facebook, Twitter и т.д.) Технологии развиваются в невероятных масштабах на протяжении многих лет – показательным примером является возрастающая важность роли технологий в здравоохранении.

Другой четкой тенденцией стала интернационализация, а отчасти и в связи с этим, большее разнообразие студентов. Развитие интеллектуальных систем и машин, глобализация, супер структурированные организации и возникновение новых технологий – все это будет оказывать влияние на систему высшего образования в

целом, и инженерного образования в частности. Инженеры будущего должны будут уметь взаимодействовать с постоянно расширяющимися границами науки и техники в различных областях знаний и использовать эти знания и представления в своей работе. Это касается не только таких аспектов, как поведенческое влияние и социальная сплоченность, но и того, чему мы можем поучиться у природы [4].

Помимо глобальных вызовов Технологический университет Эйндрховена в последние годы столкнулся с рядом собственных внутренних проблем:

- Недостаточный набор студентов, чтобы удовлетворить спрос на инженеров на рынке труда.
- Уменьшение доли рынка, учитывая неблагоприятные демографические перспективы в регионе (низкий уровень рождаемости в стране), которые также могут привести к дальнейшему снижению.
- Низкие показатели успеваемости студентов, которым в среднем требуется слишком много времени для завершения обучения (около пяти лет назад, лишь 32% студентов, продолжившим обучение после первого года, удалось завершить 3-летнюю образовательную программу бакалавриата за четыре года).
- Проблема, которая была и остается актуальной для стран Западной Европы – в отличие от ситуации в Российской Федерации, насколько мне известно, – низкий уровень интереса среди женщин к инженерному образованию. Хотя общая доля девушек обучающихся на инженерных программах в нашем университете значительно ниже 50%, особенно это заметно на примере программ в области электротехники и компьютерных наук, где доля девушек от общего числа студентов составляет не более 1% или 2%.

Вместе эти факторы стали представлять собой определенную угрозу для университета. Если ничего не будет сделано в этом направлении, будущий набор студентов и количество обучающихся станут настолько малы, что возникают сомнения сможет ли выжить Технологический университет Эйндховена в долгосрочной перспективе.

Столкнувшись с подобными вызовами глобального и местного уровня, Технологический университет Эйндховена решил реализовать самые значительные образовательные инновации за свою историю, основные идеи которых будут описаны ниже.

На встречу инженерному образованию 2.0: подход университета Эйндховена

Для решения поставленной задачи была создана специальная рабочая группа, которая должна была разработать меры по кардинальному преобразованию образовательных программ бакалавриата с тем, чтобы сделать их более привлекательными и доступными для более широкой массы студентов, учитывая различные целевые группы студентов, которые могут быть заинтересованы в обуче-

нии в Технологическом университете Эйндховена.

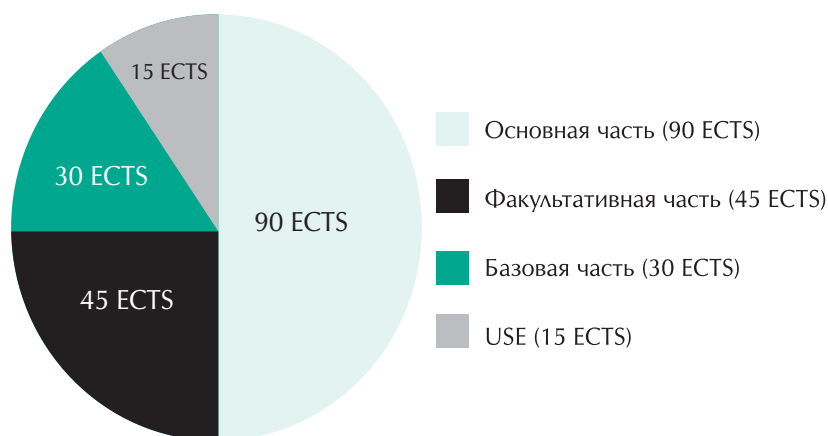
Некоторые исследования по данному вопросу были проведены в 2007 году [2], результаты которых нашли свое отражение в так называемой Бетаментальной модели ("BetaMentality model"). Согласно этой модели молодые люди подразделяются на четыре категории:

1. определившиеся: внутренне мотивированы технологиями;
2. карьеристы: мотивированы перспективами карьерного роста;
3. человеко-ориентированные универсалы: хотят внести свой вклад в решение проблем общества;
4. не определившиеся: практически нет мотивации для изучения науки и/или технологий.

Дальнейшие исследования показали, на не менее чем 66% студентов TU/e относятся к первой категории, в то время как эта группа включает только 17% от общей численности студентов в Голландской системе преуниверситетской (подготовительной) подготовки. Эти результаты говорят о том, что большая группа студентов, потенциально заинтересованных в науке и технике были до сих пор не привлечены в TU/e.

Специально созданная рабочая группа Технологического университета Эйндховена представила свой

Рис. 1. Общая структура учебного плана



окончательный доклад в мае 2011 года вместе с рекомендациями на дальнейшую перспективу, которые потом были в значительной степени реализованы. Все образовательные программы бакалавриата в TU/e в будущем будут предложены в рамках Колледжа бакалавриата TU/e во главе с деканом. Все программы будут иметь общую структуру учебного плана, который показан на рис. 1.

Голландская академическая программа бакалавриата включает, в общей сложности, 180 кредитов (ECTS). В новой модели образовательной программы бакалавриата TU/e:

- 90 кредитов отводится основным дисциплинам, по выбору студента;
- 45 кредитов отводится факультативным дисциплинам;
- 30 кредитов отводится общеуниверситетским базовым дисциплинам;
- 15 кредитов отводится группе дисциплин "USE" (User, Society, Enterprise), что означает пользователь, общество, предприятие.

В 30 кредитов, отведенных базовым дисциплинам, которые все студенты бакалавриата должны пройти за изучением 6 общеобразовательных курсов, представляют собой единую основу знаний всех выпускников бакалаврских программ Технологического университета Эйндховена.

Эти курсы включают в себя (рис.2):

- математику;
- прикладные естественные науки;
- моделирование;
- проектирование;
- пользователь, общество, предприятие;
- профессиональные навыки.

С учебной нагрузкой по 5 кредитов каждый.

Преподавание курса профессиональных навыков интегрировано в основную часть учебного плана, выбранного студентом. Наш опыт показывает, что освоение этих навыков проходит лучше всего в связке с изучаемыми предметами, а не отдельно.

Довольно большое количество факультативных дисциплин в нашей новой модели бакалавриата связаны с убеждением Технологического университета Эйндховена о необходимости подготовки инженеров разного типа: в то время как многие студенты, как и прежде, будут стараться «дойти до глубин» (особенно из группы «определившихся»), другие же категории студентов могут объединиться по различным интересам, выбрав широкий спектр предметов, если они захотят. Эта возможность должна быть привлекательна для обеих категорий.

Также были предприняты и другие меры, такие как:

- Профессора должны взять на себя дополнительно новую роль: наставничество – консультирование студентов в ситуациях выбора и необходимости принятия решений в рамках новой образовательной модели.
- Нагрузка каждого элемента учебного плана должна составлять 5 кредитов, в то время как раньше они имели тенденцию иметь меньшую долю нагрузки.
- Были введены промежуточные экзамены, чтобы обеспечить обратную связь об успеваемости студентов и результативности на раннем этапе.
- Не более трех дисциплин следует преподавать одновременно (в одном семестре), предотвращая возникновение конкуренции за внимание студентов среди слишком большого числа предметов курса.
- Аудиторные занятия не должны превышать 24 часа в неделю. До этого некоторые программы были перегружены, практически не оставляя студентам времени на самостоятельное обучение.
- Методы обучения должны активизировать студентов (вовлекать в учебный процесс) как можно больше.
- Основные специальные курсы были разработаны в новых, в

Рис. 2.



основном междисциплинарных, областях, в том числе Автомобильные технологии и Психология & Технологии.

- Существующие премиальные программы (награждения) были полностью пересмотрены Наградной Академией университета, которые предлагают дополнительные привилегии для самых лучших студентов.

Новая типовая учебная программа вступила в силу в сентябре 2012 года.

Первые результаты

Первые результаты, полученные после внедрения новой модели бакалавриата, обнадеживают. За последние два года мы стали свидетелями значительного увеличения числа студентов, около 15% в год. Новая модель образовательных программ не отпугнула категорию «определившихся» абитуриентов, однако содействовала привлечению большего числа «человеко-ориентированных универсалов». Создание Колледжа бакалавриата TU/e привело к увеличению на 50% числа студенток, поступивших на первый курс. В новых условиях повысилась успеваемость студентов: меньше отсева, а результативность обучения выше. Согласно оценкам, полученным от самих студентов, обучение стало интересным и стимулирующим. В среднем они

оценили учебный процесс на 7,25 по десятибалльной шкале. Безусловно, преобразованные программы имеют свои недостатки, особенно это касается основных курсов, которые требуется доработать.

В настоящее время в Технологическом университете Эйндховена продолжают инновационные преобразования, которые в будущем столкнутся с рядом проблем, требующих решения. Новый учебный план для второго года обучения впервые внедряется в настоящее время, а учебный план для третьего года обучения по-прежнему находится «в стадии разработки». И эти преобразования пока коснулись только программ первого цикла. Для реализации программ второго цикла и программ последипломного образования (включающих двухлетние программы магистратуры, двухлетние программы Технологического проектирования, ведущие к получению профессиональной докторской степени в области техники и технологии (PDEng) и четырехлетние PhD программы) при университете была создана Высшая школа, в которой эти 3 типа программ реализуются в согласованном виде. Как уже отмечалось, реформы для следующих образовательных циклов все еще разрабатываются. Основные элементы, вероятно, будут сфокусированы на:

- большем внимании к квалификации;

- большем привлечении иностранных студентов;
 - создании научно-образовательного сообщества;
 - мотивировании большего числа магистров продолжать обучение по программам PDEng или для получения докторской степени;
 - дополнительных привилегиях для студентов-отличников;
 - контроле качества при подготовке PDEng и докторантов;
- достижении лучших показателей успеваемости.
- Хотя очевидно, что все эти фундаментальные реформы увеличивают нагрузку профессорско-преподавательского состава и вспомогательного персонала, столь же очевидно, что цели реформы стоят приложенных усилий. Остается надеяться, что вслед за первыми обнадеживающими результатами нас ожидает еще много успехов!

ЛИТЕРАТУРА

1. The Engineer of 2020. Visions of Engineering in the New Century / Nat. Acad. of Eng., USA. – Washington, 2004. – 118 p.
2. BètaMentality 2011–2016 [Electronic resource]. Jongeren boeien voor bèta en techniek. [BètaMentality 2011–2016. Interesting adolescents for science and technology]. – Den Haag, 2007. – 51 p. – Access from: Platform Bèta Techniek: the office. site. – [Den Haag, 2004–2013]. – URL: <http://www.platformbetatechniek.nl/publicaties.html/publication/3-b-tamentality-jongeren-boeien-voor-b-ta-en-techniek-/show/all>, free. – Tit. from the screen (usage date: 18.12.2013)
3. Toekomstbestendig en Studentgericht Bacheloronderwijs van de TU/e [Electronic resource] [Future-proof and Student-Oriented Bachelor Education at TU/e] / Eindhoven Univ. of Technology. – [Eindhoven], 2011. – 52 S. – URL: http://w3.tue.nl/fileadmin/csc/objects/doc/eindrapportage_taskforce.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 18.12.2013).
4. Engineers of the Future and New Frontiers of Technology [Electronic resource]: Invitation Holst Memorial Lecture and Symp., Thursday, 14 Nov. 2013 / Eindhoven Univ. of Technology. – Eindhoven, 2013. – URL: http://www.tue.nl/uploads/media/130615_Holst_Memorial_Invitation_2013_08_Digital.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 18.12.2013).
5. Criteria voor Academische Bachelor en Master Curricula [Electronic resource] [Criteria for Academic Bachelor and Master Curricula] / A. Meijers, C. van Overveld, J. Perrenet; Eindhoven Univ. of Technology [et al.]. – [Eindhoven], 2005. – 23 S. – URL: http://www.utwente.nl/majorminor/info_algemeen/criteria_voor_curricula.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 18.12.2013).
6. Meijers A. Engineers for the Future [Electronic resource]. An essay on education at TU/e in 2030 / Meijers Anthonie, Perry den Brok; Eindhoven Univ. of Technology. – [Eindhoven], 2013. – 44 p. – URL: http://www.tue.nl/uploads/media/TUE_Vision_of_Education_2013_01.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 18.12.2013).
7. Perrenet J. Wynand tussen de techneuken [Wynand amongst technicians] / Jacob Perrenet, Harry van de Wouw // Onderzoek van Onderwijs [Educational Research]. – 2013. – Vol. 42, № 2. – S. 5–9.
8. Peters H. M. Evaluatie OGO. [DBL Evaluation]: Intern. doc. / H. M. Peters; Eindhoven Univ. of Technology. – Eindhoven, 2007.
9. Wijnen W.H.F.W. Towards Design-Based Learning [Electronic resource]: DBL brochure / W.H.F.W. Wijnen; Eindhoven Univ. of Technology, Educ. Service Centre. – [Eindhoven], 1999. – 15 p. – URL: http://w3.tue.nl/fileadmin/osc/OSC_oo/doc/OGO_brochure_1_EN.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 18.12.2013).
10. Naar een nieuw evenwicht. Uitwerking van de zes hoofdkenmerken van OntwerpGericht Onderwijs [Electronic resource] [Towards a new balance. Elaboration of the six main characteristics of Design-Based Learning]: OGO-brochure / W.H.F.W. Wijnen, J.J.G. Zuylen, D.J.W.M. Mulders and Delhoofen P.J.W.M.; Eindhoven Univ. of Technology, Educ. Service Centre. – [Eindhoven], 2000. – Nr. 2 (Febr.). – 21 S. – (TUE-OSC). – URL: http://w3.tue.nl/fileadmin/stu/stu_oo/doc/OGO_brochure_2.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 18.12.2013).