

Управление многопрофильной математической подготовкой студентов технологического университета

Л.Н. Журбенко, С.Н. Нуриева
кафедра высшей математики

Казанского государственного технологического университета, Казань, Россия
nurievnk@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена функциональная модель управления учебным процессом с помощью дидактической системы. Подсистемами дидактической системы многопрофильной математической подготовки, оптимально управляющей учебным процессом являются универсальный дидактический комплекс, интенсивная технология обучения, рейтинговая система оценки.

Ключевые слова

управление учебным процессом, дидактическая система, многопрофильная математическая подготовка, универсальный дидактический комплекс, кейс, интенсивная технология обучения, рейтинговая система, критерий качества

Появление технических и технологических университетов с многоуровневым (бакалавр – специалист – магистр) и многопрофильным образованием, призванных обеспечить фундаментальность, глубину и широту и, вместе с тем, усилить профессиональную ориентацию образования, сделало особенно актуальной проблему качества подготовки специалистов. Развитие внебюджетных и дистанционных форм образования еще более обострило эту проблему, так как способствовало интенсификации деятельности как студента, так и преподавателя. Следует отметить лавинообразно возрастающий объем подлежащей усвоению информации и дефицит аудиторного времени, неоднородный по уровню начальной подготовки состав групп первого курса. В этих условиях речь идет об улучшении эргономических характеристик образовательного процесса, об эффективном управлении учебным процессом. Студенту и преподавателю необходимо получить максимальный познавательный результат в процессе обучения при минимальных затратах труда и времени. В [1] отмечается, что необходимо не только сократить удельные трудозатраты студента, но и свести их к минимуму; подобное уместно сказать и о трудозатратах преподавателя. Необходима как оптимальная организация учебного процесса, ориентированная на познавательную самостоятельность студента, так и оптимально проводимая системная диагностика уровня обученности студента и всей группы в целом, причем фундаментальное образование, нацеленное на воспитание гибкого и многогранного научного мышления, способствующее адаптации специалиста в быстро меняющихся социально – экономических условиях, должно быть направлено на решение творческих профессиональных задач.

Качественное математическое образование является стержневой составляющей профессиональной компетентности выпускника технологического университета, который должен владеть методами математического моделирования, оптимизации, прогнозирования, количественного и качественного анализа, сбора и обработки информации. В соответствии с данными требованиями нами разработана и внедрена в учебный процесс технологического университета инновационная дидактическая система (ИДС) гибкой многопрофильной математической подготовки, конечной целью которой является формирование профессионально – прикладной математической компетентности (ППМК). Под ППМК понимаем овладение фундаментальными математическими методами на уровне, достаточном для их эффективного использования при решении задач, возникающих при выполнении профессиональных функций, и для дальнейшего творческого саморазвития специалиста. Поскольку проектируемая ИДС должна обеспечить активную

самоуправляемую познавательную деятельность студентов по формированию ППМК, рассмотрена функциональная модель с обратной связью управления учебным процессом с помощью дидактической системы.

На входе модели имеется план – Государственные образовательные стандарты, учебные планы и ресурсы, отпущенные на его реализацию. Управляющий орган (кафедра, преподаватель) через элементы дидактической системы воздействует на объект управления (студенты группы, потока, факультета). На основе анализа результатов управляющим органом производится регулирование процесса через совершенствование дидактической системы.

Для диагностического определения целей дидактической системы оптимально управляющей учебным процессом нами вводится критерий качества дидактической системы, зависимость которого от переменных и факторов модели, представляется в виде определенной целевой функции:

$$K=f(R(\bar{P}), C(\bar{P}), T)$$

В записи приняты следующие обозначения: K – критерий качества обучения данной дисциплины, R – результат обучения, C – затраты на достижение результата, \bar{P} – вектор параметров процесса, T – время, в течение которого происходит изучение процесса, f – форма связи между составляющими критерия.

В качестве параметров процесса выступают характеристики подсистем дидактической системы, которые могут улучшаться и характеристики, регламентируемые планом и ресурсами, которые имеют ограничения.

Таким образом, имеем при определенных ограничениях задачу оптимизации критерия качества

$$K=f(R(\bar{P}), C(\bar{P}), T) \rightarrow \text{extr} \quad (1)$$

на изменяющемся множестве за счет изменения характеристик подсистем дидактической системы. Присутствие времени T придает ей динамический характер, т.е. процесс оптимизации осуществляется поэтапно во времени через совершенствование дидактической системы при экспериментальной проверке каждого этапа. Под оптимальным значением критерия качества следует понимать максимальный результат обучения при минимальных затратах на его достижение.

Цели стабильного функционирования инновационной дидактической системы математической подготовки (цели стабилизации) должны обеспечить наилучшие действия по достижению ППМК (цели развития). Формулировка целей стабилизации, соответствующая задаче оптимизации (1), имеет следующий вид:

- 1) обеспечить гарантированное высокое качество математической подготовки (оптимальное структурирование и объем содержания, оптимальное соотношение между его инвариантной и вариативной частями, достаточный уровень обученности, гарантирующий сформированность ППМК);
- 2) оптимально организовать процесс обучения математике.

В соответствии с внешними условиями и целями функционирования определяем основополагающие принципы инновационной дидактической системы: P_1 – гибкость, P_2 – модульность, P_3 – индивидуализация, P_4 – “сжатие” учебной информации, P_5 – концентрация, P_6 – интенсификация [2].

Согласно указанным целям и принципам нами проектируются подсистемы инновационной дидактической системы (ИДС), оптимально управляющей учебным процессом: 1) универсальный дидактический комплекс (УДК), в состав которого входит гибкая универсальная программа (ГУП), составленная по модульному принципу и позволяющая учесть интересы направлений и специальностей и кейс (универсальный дидактический комплект для студента) как информационная модель ИДС; 2) интенсивная технология обучения, основанная на применении кейса для организации процесса самообучения; 3) рейтинговая система (РС), позволяющая получить объективную и всестороннюю оценку учебных достижений и осуществить педагогический мониторинг качества образования (рис. 1).

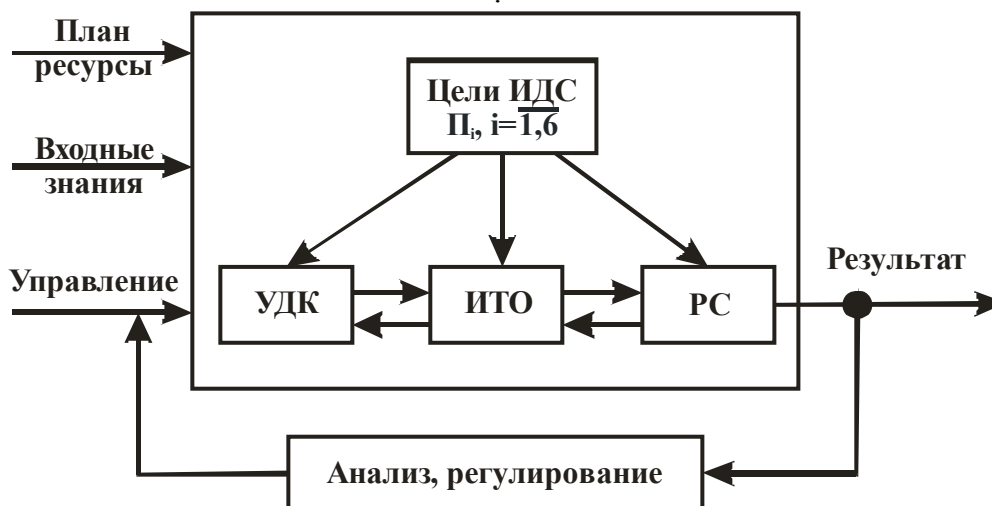


Рис. 1. Функционально – структурная модель ИДС

В качестве критерия K в задаче оптимизации (1) естественно взять вектор $K=(K_R, K_t)$, где компонента K_R - связана с рейтинговой оценкой R учебных достижений, а K_t - с объемом t аудиторных часов. Оптимальное значение K ищется экспериментальными методами: результаты одного эксперимента используются для планирования следующего эксперимента, позволяющего получить улучшенные результаты. По сути, мы решаем как бы обратную задачу: задав K_{ext} , указать наиболее оптимальный путь его достижения.

Устойчивость достигнутого уровня сформированности ППМК должна быть подтверждена проверкой остаточных знаний и степени использования математических методов при изучении общетехнических и специальных дисциплин.

Основу инновационной дидактической системы составляет универсальный дидактический комплекс (УДК), который включает в себя дидактические материалы (ГУП - гибкая универсальная программа, РП- рабочие программы специальностей, календарные планы, графики контрольных точек, КР- банк контрольных работ, РЗ- банк расчетных заданий, банк экзаменационных билетов) и универсальный дидактический комплект (кейс) для студента (учебные пособия по теории, для практических занятий и самостоятельной работы) дополняемый методическими указаниями и разработками.

Содержание дидактического комплекса формируется на основе Государственных образовательных стандартов, учебных планов специальностей, изучения направлений производственной и хозяйственно-экономической деятельности выпускников и внутренней логики математики.

Кейс или универсальный дидактический комплект представляет собой набор учебных пособий по курсу математики, который должен иметь каждый студент для достижения целей дидактической системы. В него входят учебные пособия, являющиеся теоретической частью обучающих модулей (УП), а также учебные пособия для практических занятий и для организации самостоятельной работы студентов на занятии и вне аудитории (ПУП), содержащие варианты расчетных заданий и контрольных работ ([3]-[7]).

Сущность кейса соответствует сущности полноценного учебника, определенной В.П.Беспалько, как комплексной информационной модели дидактической (педагогической – у В. П. Беспалько) системы.

Содержание кейса компонуется вокруг фундаментальных математических методов исследования профессиональных проблем.

Такой подход позволяет отразить в кейсе сущность инновационной дидактической системы, чтобы использование кейса в учебном процессе обеспечило достижение ее цели развития.

Механизм “сжатия” информации основан на принципах укрупненной подачи материала и оптимальной визуализации в целях интенсификации и улучшения эргономического качества кейса.

Для оптимизации учебного процесса в соответствии с целями и принципами ИДС служит интенсивная технология обучения (ИТО)- это технология обучения, основанная на использовании кейса в совокупности с определенными концентрированными и интенсивными организационными формами проведения занятий и рейтинговым контролем качества усвоения.

Это ассоциативно-рефлекторная теория с элементами поэтапной интериоризации, сочетающая репродуктивную и продуктивную деятельности с переходом к самообучению в соответствии с заложенной в практико-ориентированных пособиях структурой дидактического процесса. Ассоциативно-рефлекторная теория предполагает обучение по схеме:

1. Актуализация ранее усвоенного знания.
2. Установление связей между старыми и новыми элементами знания.
3. Фиксация и осмысление новых элементов знания.
4. Закрепление новых знаний.
5. Обобщение ранее усвоенных и новых элементов знания в единую систему.
6. Закрепление обобщенного знания.

Такая схема соответствует заложенной в ПУП структуре дидактического процесса, причем познавательная деятельность при использовании опорных конспектов должна обеспечить поэтапный переход внешней деятельности во внутренний умственный план, предопределяя дальнейший переход к продуктивной деятельности.

Представим взаимодействие преподавателя и студента с помощью трех каналов: 1 канал- движение основной информации от преподавателя к студенту через лекции, практические занятия, консультации; 2 канал- планирование и коррекция поступающей с помощью самостоятельной работы с кейсом информации; 3 канал- обратная связь через контроль студента преподавателем. Предусматривается также самоуправляемая деятельность студентов с помощью работы с кейсом, в результате которой происходит ослабление воздействия преподавателя через первый канал.

Таким образом, технологический процесс по ИТО предполагает минимизацию воздействий преподавателя на студента непосредственно через традиционные формы аудиторных занятий вследствие использования кейса в учебном процессе.

Структура технологического процесса обучения по ИТО представлена на рис.2.

при: $0,7 \leq K_{ст} < 0,9$ – средний уровень,
 при: $0,9 \leq K_{ст} < 1$ – высокий уровень,
 при: $K_{ст} > 1$ – очень высокий уровень обученности (ступени 2 соответствует два уровня обученности).

Такой подход соответствует принятому в современной педагогике 70% уровню удовлетворительности знаний.

По рейтингам студентов за семестр определяются среднее арифметическое (эмпирическое математическое ожидание) группы $M_{гр}$ за семестр и среднее квадратическое отклонение $\sigma_{гр}$. Если $M_{гр} \geq 70$, а $M_{гр} - \sigma_{гр} \geq 60$, то группа в целом способна к дальнейшему творческому саморазвитию. Кроме того, подсчитывается коэффициент обученности группы $K_{гр} = M_{гр}/100$ для которого рассматриваются также 4 уровня, хотя 4-й уровень для $K_{гр}$ практически не достижим. Аналогично вводятся и среднее арифметическое потока $M_{п}$, и коэффициент обученности потока $K_{п}$. Критерии $K_{ст}$, $K_{гр}$, $K_{п}$ характеризуют в задаче оптимизации (1) результат $R(\vec{p})$.

Для характеристики временных затрат рассматривается объем аудиторного времени в семестре $t_{пл}$, предусмотренный учебным планом, который сравнивается с фактически затраченным объемом времени $t_{ф}$. В величину $t_{ф}$ не включаются лекционные часы, затраченные на проведение коллоквиумов, деловых игр, конференции, часы практических занятий, на которых студенты работали полностью самостоятельно. Тогда отношение $t_{ф}/t_{пл} = K_t$ дает временной коэффициент.

При $K_t = 1$ процесс обучения соответствует плану, при $K_t < 1$ – налажен экономично, а при $K_t > 1$ является неудовлетворительным.

Учитывая введенные критерии $K_{ст}$, $K_{гр}$, $K_{п}$, критерий качества в задаче (1) можно представить в виде вектора:

1. $K_1 = (K_{ст}, K_t)$ – индивидуальный критерий качества;
2. $K_2 = (K_{гр}, K_t)$ – групповой критерий качества в потоке;
3. $K_3 = (K_{п}, K_t)$ – критерий качества знаний потока;

Графически стремление $K \rightarrow \text{extr}$ – это стремление к левой верхней вершине квадрата на рис. 4, причем попадание в заштрихованную область (допустимая область $D_{доп}$) является допустимым (достаточно хорошим).

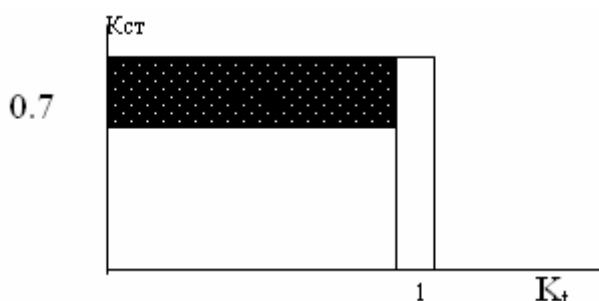


Рис. 4. Допустимая область для критерия эффективности инновационной дидактической системы

Средние арифметические и средние квадратические отклонения определяются с помощью применения системы программного обеспечения Excel, базой данных для этого является журнал преподавателя с рейтингом за все контрольные точки. Пользуясь системой Excel, можно осуществить наглядное представление информации, построив диагностические карты. Диагностическая карта группы может быть построена в середине семестра и в конце семестра. По лучам с центром в начале координат откладываются рейтинги студентов на данный момент. Полученную область назовем областью достижений. С помощью карты группы можно осуществлять оперативное управление дидактической системой, т.е. определять степень самостоятельности группы на практических занятиях. Аналогично строится диагностическая карта потока по $M_{гр}$ и диагностическая карта потоков курса по $M_{п}$.

Начальная диагностическая карта строится по результатам нулевой контрольной работы, которая соответствует минимуму знаний по элементарной математике, необходимому для изучения курса высшей математики в вузе (1 часть) и

включает некоторые закрепленные в школе понятия высшей математики (входной контроль) (2 часть). Для студентов, не справившихся с первой частью (внебюджетная форма обучения) предусмотрено корректирующее учебное пособие [7] (нулевой модуль), рассчитанное на самостоятельную работу в течение двух первых месяцев обучения, а для студентов, не справившихся со второй частью, предусмотрена корректировка в первых трех модулях ГУП. Для организации дифференцированного подхода нулевая контрольная работа дополняется анкетой первокурсника, по которой составляется входная матрица группы.

Вопросы анкеты:

1. Какую школу (др. учебное заведение) окончил? (2 - город, 1 - район, 0 - село)
2. В каком году окончил? (2 - настоящий, 1 - прошлый, 0 - раньше)
3. Какую подготовку по математике получил? (2 - углубленную, 1 - обычную, 0 - гуманитарный класс.)
4. Оценка по математике в аттестате.
5. Баллы по математике по ЕГЭ.
6. Обучение: 2 - бюджет, 1 - вечерник, 0 - внебюджет.

Для подтверждения правильности выводов относительно достигнутого качества математических знаний необходимо провести проверку знаний на выходе из дидактической системы математической подготовки, такая проверка установит устойчивость (гарантированность) достижения ППМК. Сюда входит анализ экзаменационных оценок, полученных студентами по дисциплинам, требующим применения математического аппарата, а также проверки остаточных знаний студентов после того, как курс высшей математики закончен. В качестве критерия устойчивости достигнутого уровня сформированности ППМК студента может служить критерий

$$K_{\text{ст}}^y = (Q_{\text{ст}}^M, \Delta Q_{\text{ст}}, Q_{\text{ст}}),$$

где $Q_{\text{ст}} = Q_{\text{ст}}^M + \Delta Q_{\text{ст}}$, $\Delta Q_{\text{ст}} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \Delta Q_{\text{ст}}^i$, $Q_{\text{ст}}^M$ - средняя оценка студента по математике за весь период обучения,

$$\Delta Q_{\text{ст}}^i = Q_{\text{ст}}^i - Q_{\text{ст}}^M,$$

$Q_{\text{ст}}^i$ - оценка студента по i -й дисциплине или результат проверки остаточных знаний.

Имеем следующие границы для данного критерия:

$3 \leq Q_{\text{ст}} \leq 5$, $0 \leq \Delta Q_{\text{ст}} \leq 2$. Случай $Q_{\text{ст}} = Q_{\text{ст}}^M = 3$ соответствует низкому уровню обученности и несформированности ППМК.

При $\Delta Q_{\text{ст}} < 0$ качество математических знаний не является устойчивым. Определим 3 уровня критерия устойчивости и сформированности ППМК.

1 уровень: $3,5 \leq Q_{\text{ст}} \leq 5$, $0,5 \leq \Delta Q_{\text{ст}} \leq 2$, $3 \leq Q_{\text{ст}}^M \leq 3,5$ - низкий уровень устойчивости, студент не реализовал свои возможности в процессе обучения математике.

2 уровень: $3,5 \leq Q_{\text{ст}} \leq 5$, $0 \leq \Delta Q_{\text{ст}} \leq 0,5$, $3,5 \leq Q_{\text{ст}}^M \leq 4$ - средний уровень устойчивости, студент получил достаточно устойчивые математические знания и у него сформирована ППМК.

3 уровень: $4 \leq Q_{\text{ст}} = Q_{\text{ст}}^M \leq 5$ - высокий уровень устойчивости сформированной ППМК.

Для определения устойчивости достигнутого уровня сформированности ППМК группы вычисляются средние арифметические $m_{\text{гр}}^M$ и $m_{\text{гр}}^i$ оценок $Q_{\text{ст}}^M$ и $Q_{\text{ст}}^i$ студентов группы, тогда критерий устойчивости группы:

$$K_{\text{гр}}^y = (m_{\text{гр}}^M, \Delta m_{\text{гр}}, m_{\text{гр}}),$$

где $m_{\text{гр}} = m_{\text{гр}}^M + \Delta m_{\text{гр}}$, $\Delta m_{\text{гр}} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r (m_{\text{гр}}^i - m_{\text{гр}}^M)$.

Аналогично уровням критерия $Q_{\text{ст}}$ вводятся 3 уровня для $m_{\text{гр}}$.

Отметим, что для уровня 2,3 коэффициент $K(Q_{ct}^M, Q_{ct}^i)$ корреляции оценок Q_{ct}^M, Q_{ct}^i должен быть достаточно близок к 1.

Приведем пример диагностической карты группы (рис.5).

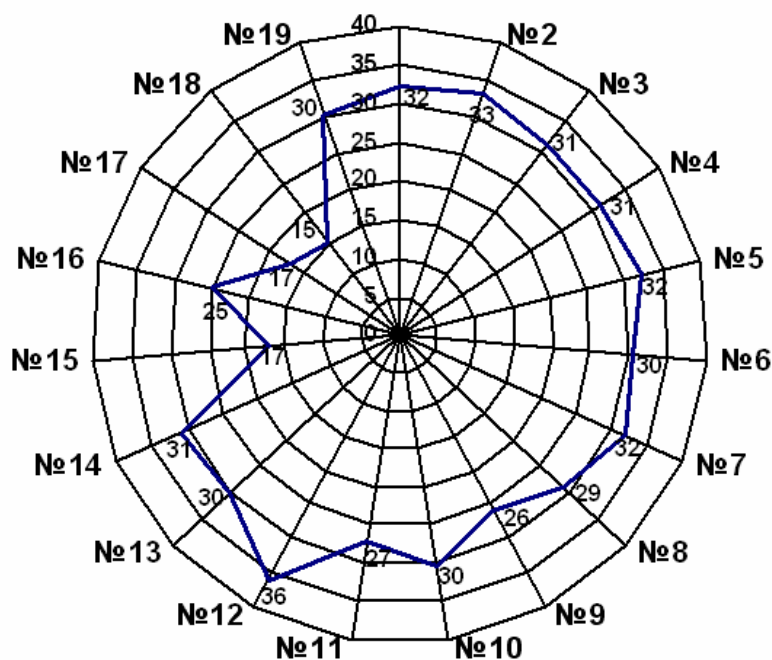


Рис. 5. Диагностическая карта группы

Базой данных являлся журнал преподавателя. Первая диагностическая карта строилась по результатам рейтинга за 1-2 модуля, пройденных к середине семестра и оцениваемых в 30-35 баллов. Карта одной из групп потока за первый модуль приведена на рис. 4. (максимум- 35 баллов), (№ 1,19 - номера студентов по списку, по лучам откладываются баллы).

Такая диагностическая карта дает наглядную информацию о состоянии группы на данный период. Знания исследуемой группы на данный период в основном хорошего уровня: можно увеличить объем самостоятельной работы, но обратить особо внимание на № 15, 17, 18.

Аналогичные диагностические карты строились и для потока, причем по лучам откладывались средние арифметические $M_{гр}^i$ групп потока (рис.6) Из рисунка видно расширение области достижений к III – му семестру, причем итоговая граница попадает в кольцо между окружностями радиусов 80 и 90, что является для потока хорошим результатом.

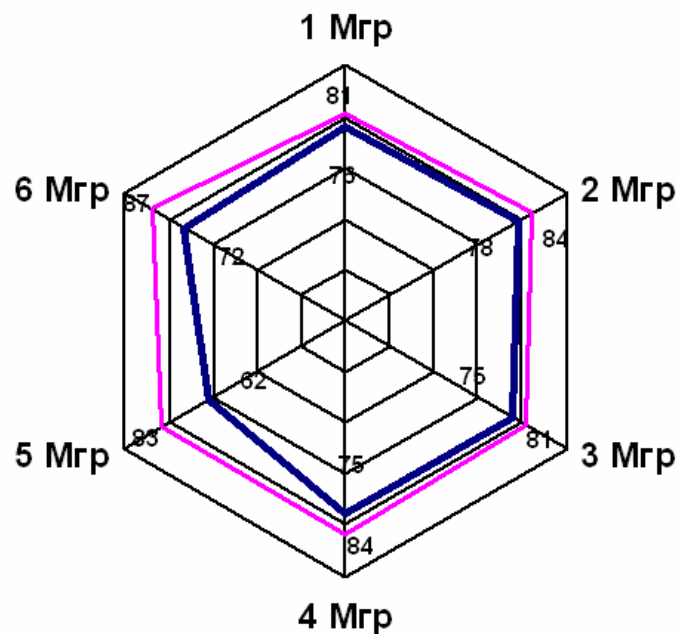


Рис. 6. Диагностическая карта потока

Литература

1. [Паронджанов В., 1997] Паронджанов В. Возможна ли революция в образовании / Высшее образование в России. – 1997, N 2. – С.9-18.
2. [Журбенко Л.Н., 1999] Журбенко Л.Н. Дидактическая система гибкой математической подготовки. Казань: Мастер Лайн, 1999.- 160 с.
3. [Данилов Ю.М. и др., 2006] Данилов Ю.М., Журбенко Л.Н., Никонова Г.А., Никонова Н.В., Нуриева С.Н. Математика. М.: ИНФРА-М, 2006.- 496 с.
4. [Журбенко Л.Н. и др., 2007] Журбенко Л.Н., Никонова Г.А., Дегтярева О.М., Никонова Н.В., Нуриева С.Н. и др. Практикум по математике для инженеров. Казань: КГТУ, 2007.-220 с.
5. [Журбенко Л.Н. и др., 2006] Журбенко Л.Н., Никонова Н.В. Многопрофильная математическая подготовка в технологическом университете: дидактический аспект. Казань: КГТУ, 2006.- 232 с.
6. [Журбенко Л.Н. и др., 2006] Журбенко Л.Н., Никонова Г.А., Никонова Н.В. и др. Дополнительные главы высшей математики в примерах и задачах. Казань: КГТУ, 2002.- 83 с.
7. [Нуриева С.Н., 2001] Нуриева С.Н. Элементарная алгебра для высшей математики и приложений. Казань: КГТУ, 2001.- 72 с.