

Соболев Владимир Афанасьевич

**ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА MULTISIM 10.1**

Настоящая статья посвящена применению компьютерной программы Multisim 10.1 для моделирования и анализа переходных процессов в линейных электрических цепях. Даются краткие сведения по работе с этой программой. Приводятся конкретные примеры моделирования переходных процессов с использованием осциллографа. Показано, что эта компьютерная программа может успешно использоваться в учебном процессе при изучении темы "Переходные процессы в линейных электрических цепях".

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2014/12/32.html](http://www.gramota.net/materials/1/2014/12/32.html)

**Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.**

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2014. № 12 (90). С. 112-116. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2014/12/](http://www.gramota.net/materials/1/2014/12/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

УДК 378.1:621.3

**Педагогические науки**

*Настоящая статья посвящена применению компьютерной программы Multisim 10.1 для моделирования и анализа переходных процессов в линейных электрических цепях. Даются краткие сведения по работе с этой программой. Приводятся конкретные примеры моделирования переходных процессов с использованием осциллографа. Показано, что эта компьютерная программа может успешно использоваться в учебном процессе при изучении темы «Переходные процессы в линейных электрических цепях».*

*Ключевые слова и фразы:* компьютерная среда Multisim; рабочее окно; элементы и приборы виртуальной лаборатории; осциллограф; коммутация; расчетная схема; независимые начальные условия; моделирование; осциллограмма; функциональный генератор.

**Соболев Владимир Афанасьевич**, к.т.н.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

vasobolev@bmsu.ru

**ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА MULTISIM 10.1<sup>®</sup>**

В инженерной практике очень часто приходится сталкиваться с переходными процессами, наступающими после тех или иных коммутаций в электрических цепях. Исключительную роль играют переходные процессы в системах автоматического управления, в импульсной и измерительной технике. Поэтому изучение переходных процессов требует отчетливого понимания физики происходящих явлений. Умение анализировать переходные процессы в электрических цепях позволяет решать вопросы выявления возможных превышений напряжений на отдельных участках электрической цепи, а также вопросы деформации по форме и амплитуде сигнала при прохождении его через различные электротехнические устройства. Поэтому задача получения студентами навыков проведения количественного и качественного анализа переходных процессов в электрических цепях очень актуальна. Также важно студентам приобрести навык экспериментального анализа переходных процессов.

В данной статье рассматриваются возможности применения компьютерной программы *IN MULTISIM* корпорации *National Instruments Electronics Workbench Group* для моделирования и изучения переходных процессов в линейных электрических цепях. Эта программа является одной из простых и легко осваиваемых программ компьютерного моделирования и анализа электрических цепей, аналоговых и цифровых устройств [2; 5]. Интерфейс программы имитирует виртуальную лабораторию с большим набором различных активных и пассивных элементов электрических цепей и широкий спектр контрольно-измерительных приборов, что приближает ее к реальному лабораторному стенду. Данная программа получила широкое применение в нашей стране и за рубежом [4; 6; 7].

Перед проведением моделирования в среде *Multisim* студенты должны знать основные теоретические положения классического метода анализа переходных процессов в линейных цепях [1]. Важным понятием при изучении переходных процессов является понятие независимых начальных условий (ННУ). В качестве ННУ берут величины токов в индуктивностях  $i_L(0-)$  и напряжений на конденсаторах  $u_C(0-)$  в момент коммутации (магнитная и электрическая энергия, запасенная в цепи до коммутации). Если коммутация происходит мгновенно, то в этом случае выполняются следующие законы: токи в индуктивностях и напряжения на конденсаторах в момент коммутации не изменяются скачками, т.е. они являются непрерывными функциями времени:  $i_L(0-) = i_L(0+)$ ,  $u_C(0-) = u_C(0+)$ .

Очень важно, чтобы студенты приступали к анализу переходных процессов с помощью компьютерной программы *Multisim* после изучения теоретических и практических вопросов на лекциях и семинарах.

Постановка задач моделирования переходных процессов перед студентами должна включать иллюстрацию основных законов протекания переходных процессов в электрической цепи и элементы научно-исследовательской работы.

Процесс моделирования начинается с запуска программы *Multisim*. На рабочем столе дисплея появляется главное окно программы (рабочее окно). В рабочем окне программы из необходимых элементов собирается исследуемая расчетная схема с измерительными приборами. Элементы цепи расположены в различных разделах библиотеки программы (Рис. 1), а измерительные приборы – на отдельной панели.

Например, в разделе библиотеки *Basic* расположены пассивные элементы электрической цепи (резисторы, индуктивности, конденсаторы, переключатели, реле и т.д.), а в разделе библиотеки *Source* расположены источники электрической энергии и заземления.

При моделировании переходных процессов используются, в основном, эти разделы библиотеки. Все напряжения в виртуальной модели измеряются относительно одной точки модели – «земли».

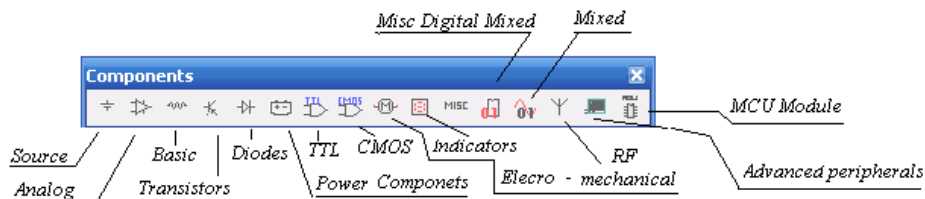


Рис. 1. Панель библиотеки программы Multisim

Осциллографы размещены на панели приборов в главном окне программы и предназначены для наблюдения осциллограмм изменяющихся электрических сигналов. Программа содержит двухканальный и четырехканальный осциллографы. Двухканальный осциллограф имеет два информационных входа (*Channel A* и *Channel B*), отмеченных символом «плюс» на условном обозначении осциллографа. Знаком «минус» отмечены общие входы «земля». Каналы имеют раздельное регулирование чувствительности и смещение по вертикали  $Y$ . Режим развертки выбирается кнопками  $Y/T$ ,  $Add$ ,  $B/A$  и  $A/B$ .

В режиме  $Y/T$  по вертикали (ось  $Y$ ) отображается напряжение, а по горизонтали (ось  $X$ ) – время. Масштаб развертки (Time base) может задаваться от 0,1 нс/дел до 1 с/дел с возможностью установки смещения начала отсчета в том же масштабе по горизонтали.

В режиме  $Add$  возможно получить сумму сигналов каналов  $A$  и  $B$ . Изображение суммарного сигнала воспроизводится с параметрами, установленными для канала  $A$ .

В режиме  $A/B$  по вертикали воспроизводится сигнал канала  $A$ , по горизонтали – сигнал канала  $B$ . В режиме  $B/A$  по вертикали воспроизводится сигнал канала  $B$ , по горизонтали – сигнал канала  $A$ . Для режима  $Y/T$  возможен запуск развертки только при наступлении некоторого события – ждущий режим (Trigger). Кнопка *None* в ждущем режиме отжата. В ждущем режиме запуск развертки (Edge) может производиться по переднему или заднему фронту синхросигнала с возможностью регулировки запуска уровня напряжения синхросигнала (Level). Также можно осуществлять запуск развертки в режиме автозапуска (Auto) от канала  $A$  или  $B$  и от внешнего источника синхросигнала (Ext), который нужно подключить к выводу осциллографа *Exit Trigger*.

Для обработки осциллограмм имеются две перемещаемые вертикальные разноцветные линии (визеры). Перемещение визиров осуществляется «перетаскиванием» их за треугольные флажки вверх визиров или кнопками со стрелками «вправо-влево» левее обозначений  $T1$  и  $T2$ . Для каждого из визиров указываются значения времени и напряжения для каналов  $A$  и  $B$ . Кроме того, показывается значение разности времен и напряжений для моментов времени, установленных положений визиров. Для управления положением визира можно также использовать команды контекстного меню, которое открывается при совмещении указателя с визиром и щелчке правой кнопки мышки. При подключении осциллографа желательно задавать различные цвета осциллограмм каналов. Это достигается заданием различных цветов соединительных проводов осциллографа со схемой. Кроме того, у каждого входа осциллографа имеются переключатели  $AC$ ,  $\theta$  и  $DC$ , позволяющие измерять переменную (AC) или постоянную (DC) составляющие измеряемого сигнала, а также устанавливать нулевой уровень канала.

В программе *Multisim*, кроме измерительных приборов, имеются средства, реализующие математические методы обработки результатов моделирования. Доступ к средствам осуществляется через меню *Simulate* → *Analyses* → *Transient Analysis* и меню *Simulate* → *Postprocessor*. После каждого сеанса моделирования программа создает массив данных полученного решения. Дополнительная программа *Postprocessor* позволяет провести визуализацию результатов моделирования в виде графиков, которые можно просматривать в окне *Grapher* [7].

Функциональный генератор является источником синусоидальных, треугольных и прямоугольных импульсов. В его диалоговом окне, которое появляется при двойном щелчке левой кнопкой мыши по его изображению, можно производить выбор требуемого вида сигнала, устанавливать его частоту, скважность (коэффициент заполнения), амплитуду напряжения и величину напряжения смещения. Функциональный генератор расположен на панели приборов.

В качестве ключа для проведения операций включения в электрической цепи следует применять реле типа *EDR201A05*. Для проведения операций отключения в электрической цепи следует применить реле типа *EMR011B05*.

Реле типа *EDR201A05* имеет нормально разомкнутые контакты, а реле типа *EMR011B05* – нормально замкнутые контакты. Эти реле расположены в библиотеке *Basic* в подразделе *RELAY*.

Для управления работой реле необходимо использовать функциональный генератор *XFG 1*, переведенный в режим генерирования прямоугольных импульсов с частотой 0,1 Гц скважностью 10% и амплитудой 20 В.

Использование программы *Multisim* для исследования переходных процессов продемонстрируем на конкретных примерах.

*Пример 1.* Электрическая цепь с одним накопителем энергии. Задание: провести анализ переходного процесса в  $RL$ -цепи при подключении к источнику постоянного напряжения (Рис. 2).

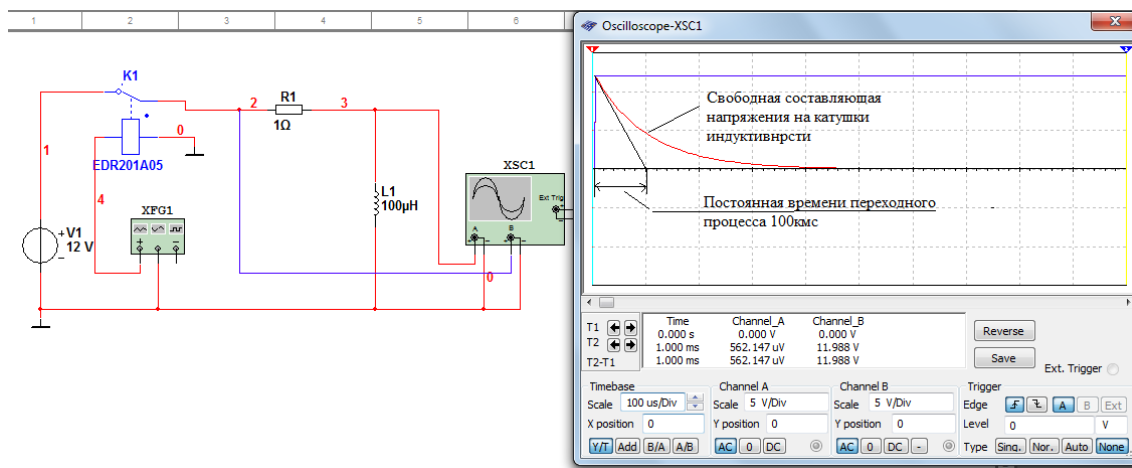


Рис. 2. Модель и осциллограммы напряжений в  $RL$ -цепи при подключении к источнику постоянного напряжения

Аналогичное исследование можно провести и для  $RC$ -цепи. В задание можно включить следующие пункты: определение постоянной времени цепи, определение закона изменения напряжения на реактивном элементе, скорость нарастания тока в цепи, определение начальных условий и т.д. На приведенных осциллограммах показаны суммарное напряжение на  $RL$ -элементах и свободная составляющая напряжения на индуктивности.

*Пример 2.* Изучение переходного процесса в электрической цепи с двумя накопителями энергии. Задание: для расчетной схемы, представленной на Рис. 3, провести анализ характера изменения формы напряжения на конденсаторе и тока в цепи при отключении  $RLC$ -цепи от источника постоянного напряжения при различных значениях  $R$ .

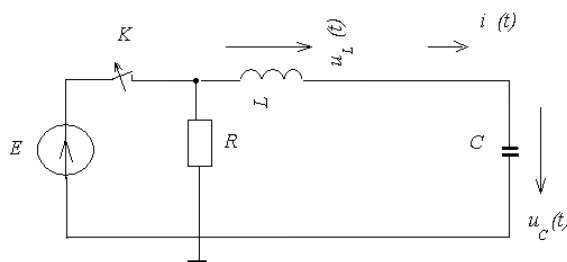


Рис. 3. Схема исследования переходного процесса в цепи с двумя накопителями энергии

В рабочем окне показана модель исследуемой электрической цепи (Рис. 4).

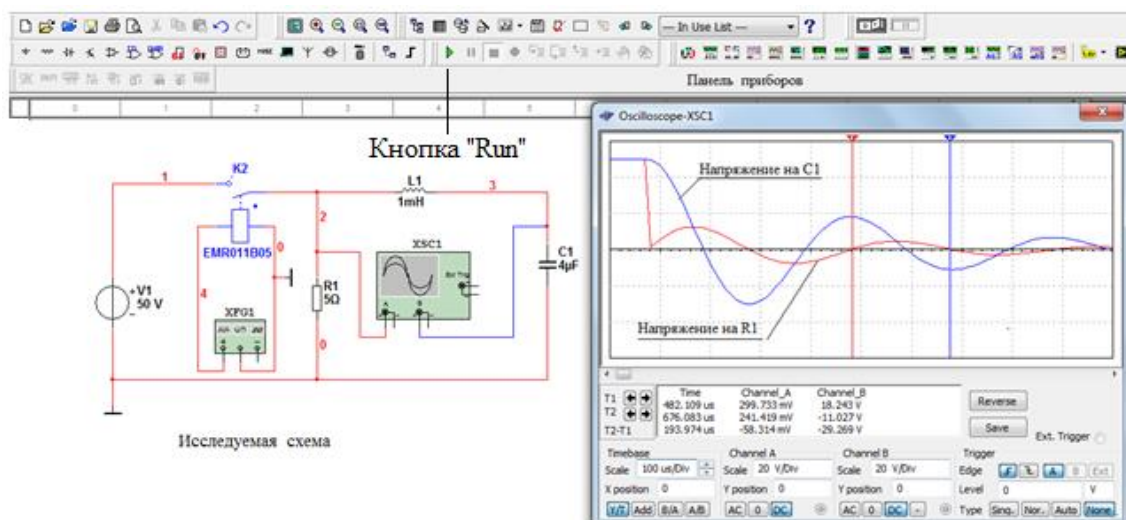


Рис. 4. Модель расчетной схемы в рабочем окне программы Multisim

В задании можно указать измерение по осциллограммам постоянной времени переходного процесса цепи и коэффициента затухания, декремента затухания и частоты собственных колебаний, ННУ, моментов

времени, в которые индуктивность и емкость запасают максимальную энергию. Также в задание можно включить сравнение изменения энергии за определенный период в накопителях энергии с энергией, поглощенной резистором, и т.д.

Важно, чтобы в заданиях присутствовали и пункты сравнения расчетных параметров с измеренными параметрами на модели. Эти примеры посвящены характерным цепям исследования переходных процессов с использованием двухканального осциллографа.

Данная программа позволяет проводить анализ переходных процессов в цепях при периодических произвольных воздействиях напряжения, когда в ней возникает так называемый квазиустановившийся режим.

*Пример 3.* Задание: проанализировать изменение напряжения  $u_2(t)$  на выходе цепи, представленной на Рис. 5, если на нее действует последовательность прямоугольных импульсов с амплитудой 10 В с периодом следования импульсов  $T=0,02$  с скважностью  $Q=2$ ,  $R_1=50$  Ом,  $L=0,25$  Гн,  $C=10$  мкФ.

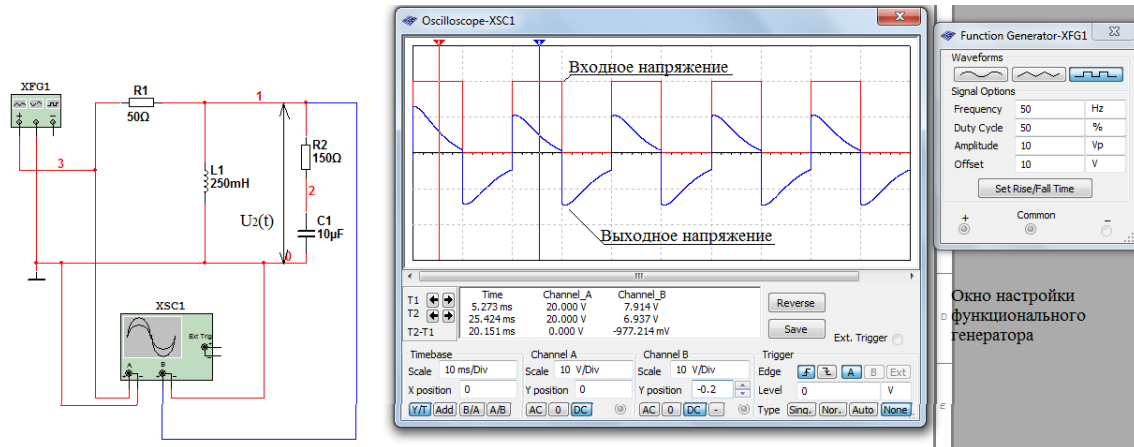


Рис. 5. Модель исследования переходных процессов при периодическом воздействии прямоугольных импульсов

Для данного примера был произведен аналитический расчет методом припасовывания [3] и получено выражение для выходного напряжения  $u_2(t) = 6e^{-100t} - 188te^{-100t}$  (В). Проведенные расчеты по этому выражению точно совпадают с полученными осциллограммами. На Рис. 5 также показаны осциллограммы входного и выходного напряжений для рассматриваемого случая. Используя эту модель и меняя величины R, L и C цепи и параметры воздействующих импульсов, можно ставить задачу перед студентами изучить различные закономерности изменения выходного напряжения и объяснить их. Например, на Рис. 6 показана осциллограмма выходного напряжения при треугольной форме входного напряжения.

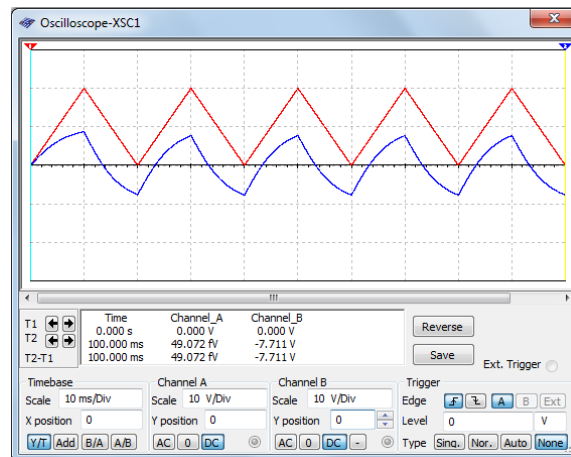


Рис. 6. Осциллограммы входного и выходного напряжений

Как видно из приведенных примеров, компьютерная программа *Multisim* обладает большими возможностями моделирования различных режимов переходных процессов в линейных цепях. Использование этой программы в учебном процессе предоставляет преподавателю большие возможности в наглядном разъяснении физических явлений и зависимостей при изучении переходных процессов, происходящих в линейных электрических цепях [2]. Кроме того, студенты могут самостоятельно проводить моделирование переходных процессов для проверки своих расчетов. Такой подход является одним из путей решения задачи усиления самостоятельной работы студентов, что важно с переходом к модульно-рейтинговой системе обучения.

## Список литературы

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник. М.: Гардарики, 2007. 701 с.
2. Князькова Т. О., Соболев В. А. Применение интерактивных технологий в изучении курса «Электротехника и электроника» // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2013. № 11 (78). С. 82-85.
3. Куликов И. Л., Николаев С. С. Анализ и расчет переходных процессов в электрических цепях при произвольных и импульсных периодических воздействиях: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. 32 с.
4. Марченко А. Л., Освальд С. В. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде *Multisim*: учебное пособие для вузов. М.: ДМК Пресс, 2010. 448 с.
5. Соболев В. А. Синтез синхронных счетчиков с произвольным порядком счета в среде *MULTISIM 10.1* // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2013. № 10 (77). С. 159-164.
6. Хернигер М. Е. Электронное моделирование в *Multisim* / пер. с англ. А. И. Осипов. М.: ДМК Пресс, 2009. 488 с.
7. Шестеркин А. Н. Система моделирования и исследования радиоэлектронных устройств *Multisim 10*. М.: ДМК Пресс, 2012. 360 с.

STUDYING TRANSIENT PROCESSES IN LINEAR ELECTRIC CIRCUITS USING SOFTWARE *MULTISIM 10.1*

Sobolev Vladimir Afanas'evich, Ph. D. in Technical Sciences  
Bauman Moscow State Technical University  
vasobolev@bmstu.ru

This article is devoted to the use of the computer program *Multisim 10.1* for the modelling and analysis of transient processes in linear electric circuits. The paper gives brief information on working with this program. The specific examples of modelling transient processes using oscilloscope are given. It is shown that this computer program can be successfully used in educational process when studying the topic "Transient Processes in Linear Electric Circuits".

*Key words and phrases:* computer environment *Multisim*; work window; components and devices of virtual laboratory; oscilloscope; commutation; design scheme; independent initial conditions; modelling; oscillogram; function generator.

УДК 616-085:378.147(045)

**Педагогические науки**

*Принципы тайм-менеджмента и формулировка целей на основе системы SMART широко используются во всех сферах жизнедеятельности. Данная методика была применена в ходе цикла практических занятий в кафедре факультетской терапии лечебного факультета Саратовского государственного медицинского университета имени В. И. Разумовского. Использование принципов тайм-менеджмента в обучении студентов 4-го курса позволило выявить проблемные позиции образовательного процесса с возможной перспективой решения ряда педагогических вопросов.*

*Ключевые слова и фразы:* студент; планирование занятия; цель; принцип SMART; практическая направленность.

**Соколов Иван Михайлович**, д. мед. н., профессор

**Железнякова Наталья Александровна**, к. мед. н.

**Гафанович Елена Яковлевна**, к. мед. н.

**Коньшина Лариса Евгеньевна**, к. мед. н.

**Конобеева Елена Владимировна**

*Саратовский государственный медицинский университет им В. И. Разумовского Минздрава России  
lvovicha@mail.ru*

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАНЯТИЙ В ГРУППАХ СТУДЕНТОВ 4-ГО КУРСА МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПОВ ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТА<sup>©</sup>**

Обеспечение результативности обучения является сложным многокомпонентным процессом. Во многом эффективность зависит от заинтересованности обучающегося и профессионализма преподавателя. Для повышения увлеченности студентов необходимо, чтобы их мотивационные грани были выставлены на предельно высоком уровне, а это возможно только в условиях, когда задействованы все составляющие педагогического процесса. Для повышения мотивации преподаватель использует различные инструменты воздействия. В ряде ситуаций необходимо применение, в некотором роде, «силы», давления на студента. В других случаях более выигрышны использование мягкого убеждения, управление видением, выстраивание ситуации, в которой нужные действия происходят закономерно и естественно. Моделирование ситуаций часто используется в обучении на клинических кафедрах, так как позволяет студентам проявить свои знания, почувствовать себя доктором, что дополнительно мотивирует обучающихся [5, с. 56].