

УДК 371.38:681.14

**Э. Г. Крылов**, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**Н. П. Кузнецов**, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**А. В. Еленский**, кандидат химических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ПЕРВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ТЕОРИИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

*Приводится процедура проведения и результаты Первой международной студенческой предметной олимпиады по ТММ, которая состоялась в ИжГТУ 19–21 апреля 2011 года. Рассматриваются особенности решений задач участниками Олимпиады и их типичные ошибки.*

**Ключевые слова:** студенческие предметные олимпиады, теория машин и механизмов, анализ решений, типичные ошибки.

**П**роведение студенческих олимпиад любого уровня способствует развитию интереса студентов к изучаемым предметам, раскрытию их творческого потенциала, является одним из способов вовлечения студентов в научную и практическую деятельность в выбранном направлении. Международные олимпиады как соревнования высшего уровня позволяют также выявить наиболее одаренных студентов в разных странах, способствуют их профессиональной карьере, позволяют сравнить системы преподавания предмета, по которому проводится олимпиада, принятые в разных странах. С 1959 года в мире проводится 12 международных студенческих предметных олимпиады. Ниже приведен список этих олимпиад вместе с годом начала их проведения.

- Международная математическая олимпиада (IMO, 1959).
- Международная олимпиада по физике (IPhO, 1967).
- Международная олимпиада по химии (IChO, 1968).
- Международная олимпиада по информатике (IOI, 1989).
- Международная олимпиада по биологии (IBO, 1990).
- Международная олимпиада по философии (IPO, 1993).
- Международная олимпиада по астрономии (IAO, 1996).
- Международная олимпиада по географии (IGeO, 1996).
- Международная олимпиада по лингвистике (IOL, 2003).
- Международная юношеская научная олимпиада (IJSO, 2004).
- Международная олимпиада по астрономии и астрофизике (IOAA, 2007).
- Международная олимпиада, посвященная наукам о Земле (IESO, 2007).

Как видно из списка, по дисциплинам инженерного профиля не проводилось ни одной студенческой олимпиады, организуемой и признаваемой международными организациями. Этот факт в свете того, что роль и значение инженера в современном высокотехнологичном мире возрастают, а инженерное образование находится в стадии реформирования и смены парадигм, приводит к осознанию профессиональным образовательным сообществом актуальности проведения олимпиад высокого уровня по инженерным дисциплинам. Одной из ключевых инженерных дисциплин, играющей значительную роль в технологическом развитии современного общества, является «теория машин и механизмов» (ТММ). В ТММ происходит синтез фундаментальных общенаучных знаний и знаний в области проектирования, производства и эксплуатации машин и механизмов

Как результат поиска новых форм и технологий образовательного процесса в инженерном деле появилась идея проведения Международной студенческой олимпиады по ТММ (в англоязычном варианте название олимпиады звучит как Student International Olympiad on Mechanism and Machine Science – SIOMMS). Эта идея была предложена профессором ИжГТУ В. И. Гольдфарбом в 2009 году в Мехико на конференции Международной федерации по содействию развития науки о механизмах и машинах (International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine Science – IFToMM). Исполнительный совет IFToMM принял решение о проведении международной студенческой олимпиады (SIOMMS) в 2011 году в Ижевском государственном техническом университете, г. Ижевск, Россия. Именно ИжГТУ на этот момент времени имел богатый опыт проведения заключительных туров Всероссийской предметной олимпиады по ТММ. Кафедра «Теоретическая механика и теория машин и механизмов» ИжГТУ под руководством заведующего кафедрой профессора Н. П. Кузнецова проводила такие олимпиады в 2007, 2008 и 2010 годах [1]. Высокий науч-

ный, методический и организационный потенциал университета и кафедры способствовали тому, что именно ИжГТУ был выбран базовым для проведения Первой международной олимпиады по ТММ.

IFToMM принял положение о проведении олимпиады, которое было размещено на сайте [2] и сайте SIOMMS-2011 [3]. Решено, что студенческие предметные олимпиады по ТММ будут проводиться один раз в два года.

#### Участники и гости

SIOMMS-2011 проводилась 19–21 апреля 2011 года в ИжГТУ. Конкурсные задачи решали 57 студентов. В олимпиаде приняли участие 17 студенческих команд из 8 стран. Среди зарубежных участников были команды из следующих университетов: Университет им. А. Дубчека, г. Тренчин (Словакия); Технологический университет г. Брно (Чешская Республика); Дамасский университет (Сирия); Египетско-Российский университет (Египет); Шанхайский университет Цзяо Тун (Китай); Словацкий технический университет, г. Братислава; Университет г. Печ (Венгрия); Восточнукраинский национальный университет им. В. Даля (Украина); Университет науки и технологий г. Ухань (Китай).

Российскую Федерацию представляли восемь университетов: Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С. П. Королева; Башкирский государственный аграрный университет (вне конкурса); Чувашский государственный университет; Ижевский государственный технический университет; Костромской государственный технический университет; Южно-Уральский государственный технический университет (вне конкурса); Уфимский государственный авиационный технический университет; Волгоградский государственный технический университет.

Почетными гостями Олимпиады были: Марко Чекарелли, президент IFToMM, профессор Университета Кассино (Италия); профессор Джозеф Руни (Великобритания), член исполнительного совета IFToMM; профессор Вениамин Гольдфарб (Россия), член Исполнительного совета IFToMM, директор Института механики ИжГТУ; Михаил Тимофеевич Калашников (Россия), легендарный конструктор автоматического стрелкового оружия (рис. 1).

#### Программа олимпиады

Ниже приведена программа проведения олимпиады.

##### Первый день (19 апреля)

- Официальное открытие Первой международной студенческой олимпиады по ТММ.

- Для студентов: решение 8 конкурсных задач – 4 часа.

- Для гостей и руководителей команд: дискуссия за круглым столом о преподавании ТММ в различных странах; посещение выставки инновационных проектов ИжГТУ; приветственные речи руководителей команд; презентация профессора В. И. Гольдфарба о научных исследованиях в Институте механики ИжГТУ; презентация профессора М. Чекарелли о деятельности

IFToMM; презентация профессора Н. П. Кузнецова о перспективах студенческих научных олимпиад; презентация профессора Дж. Руни, посвященная деятельности Исполнительного совета IFToMM.

- Работа жюри олимпиады, проверка решений конкурсных задач.

- Джазовый фестиваль.

##### Второй день (20 апреля)

- Подведение предварительных итогов олимпиады (жюри).

- Работа апелляционной комиссии.

- Открытые ключевые лекции ученых о роли ТММ и современных достижениях в этой области: «Деятельность IFToMM и тенденции в развитии ТММ» (проф. Чекарелли); «Некоторые вопросы геометрии и алгебры в применении к роботам» (проф. Руни); «Наномеханика, наномеханизмы и наномашин» (доцент Шестаков, Россия); «Некоторые тенденции в теории и практики спироидных передач» (проф. Гольдфарб).

В конце дня гости и участники олимпиады посетили Дом-музей композитора П. И. Чайковского в городе Воткинске.

##### Третий день (21 апреля)

- Подведение окончательных итогов олимпиады SIOMMS-2011.

- Экскурсия в Архитектурно-этнографический музей-заповедник «Лудорвай».

- Официальное закрытие олимпиады, награждение победителей.

- Посещение Музейно-выставочного комплекса стрелкового оружия им. М. Т. Калашникова.

- Торжественный вечер-встреча друзей-механиков.



Рис. 1. Почетные гости и члены оргкомитета олимпиады (слева направо): профессор Руни, профессор Чекарелли; профессор Якимович, ректор ИжГТУ; профессор Кузнецов; легендарный конструктор Калашников; доцент Еленский, проректор ИжГТУ; профессор Гольдфарб

#### Конкурсные задачи

Для решения были предложены 8 конкурсных задач на русском и английском языках. Пример условия задачи показан на рис. 2.

Темы задач и наибольшее количество баллов, набранное участниками, приведены в табл. 1.

Максимальное количество баллов, которое можно было набрать по итогам решения всех восьми задач,

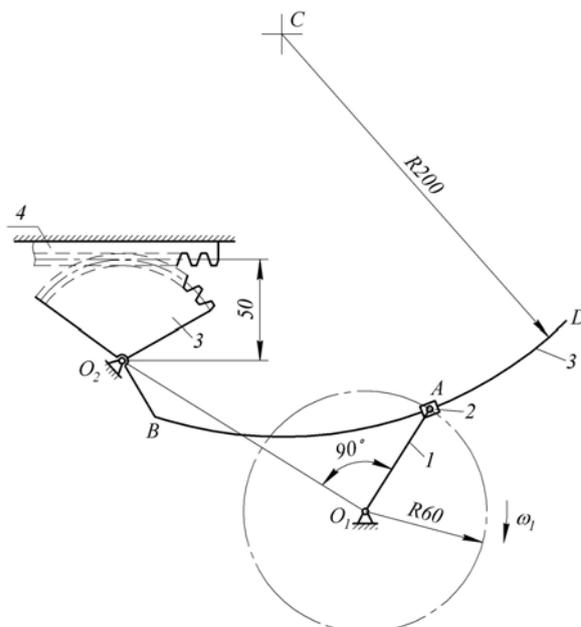
равнялось 60. Наилучший результат составил 28,2 балла. В табл. 1 для каждой задачи указано относительное число полных правильных решений от общего числа решений, представленных участниками. Видно, что наибольшие затруднения были связаны с кинематическим и динамическим анализом механизмов, в которых происходит относительное движение звеньев. В то же время задача по синтезу редуктора, состоящего из зубчатых колес, оказалась относительно несложной и была решена многими участниками.

В целях подробного анализа полученных решений задачи были разделены на отдельные этапы. Эти этапы вместе с количеством правильных решений по каждому из них указаны в табл. 2.

#### Задача № 1 (12 баллов)

В механизме, кинематическая схема которого приведена на рисунке, кривошип 1 вращается с постоянной скоростью 60 об/мин в направлении по часовой стрелке. Он сообщает зубчатой рейке 4 горизонтальное возвратно-поступательное движение посредством ползуна 2 и кулисы, в состав которой входит зубчатый сектор, а на участке  $BD$  кулиса имеет криволинейный профиль в виде дуги окружности.

Не указанные, но необходимые для расчетов линейные и угловые размеры можно определить по схеме, выполненной с масштабным коэффициентом  $K_l = 0,002$  м/мм.



Определить

1. Скорость и ускорение рейки 4, когда угол  $O_2O_1A$  равен  $90^\circ$  (7 баллов).
2. Коэффициент изменения средней скорости хода ведомого звена (4 балла).
3. Длину хода рейки 4 (1 балл).

Рис. 2. Пример задания на русском языке

Таблица 1. Темы задач и результаты участников

№ задачи	Тема	Максимальное количество баллов	Наилучший индивидуальный результат	Относительное число правильных решений, %
1	Кинематический анализ механизма с криволинейной кулисой, определение коэффициента изменения средней скорости выходного звена	12	5,4	6,38
2	Кинематический анализ кулачкового механизма	8	4	18,75
3	Определение кинетической энергии звена рычажного механизма в заданном специальном положении	3	2,5	24,3
4	Кинематика зацепления прямозубых цилиндрических колес (определение скорости скольжения одного колеса относительно другого колеса в точках начала и конца зацепления)	8	6,5	5,40
5	Синтез зубчатого редуктора (подбор недостающих чисел зубьев колес по передаточному отношению редуктора), определение фактического числа степеней свободы механизма	10	10	36,96
6	Динамика кулисного механизма (составление дифференциального уравнения движения, уравнивание силы инерции, действующей на кулису, с помощью двух противовесов)	9	7,8	15,38
7	Исследование работы пресса, приводимого в движение электромотором, и снабженного маховиком	4	4	23,33
8	Исследование динамики кулачкового механизма по заданному уравнению движения толкателя	6	5,6	3,85

Наиболее часто встречающиеся ошибки сгруппированы по задачам и приведены в табл. 3. Значительная часть ошибок связана с кинематическим анализом механизмов. Так, при разборе сложного движения точки подвижная система отсчета во многих случаях была нерационально связана с криво-

шипом, а не с кулисой. Это привело к ошибкам в плане ускорений. Кроме этого в ряде решений не было учтено ускорение Кориолиса и нормальное относительное ускорение при движении точки по криволинейной кулисе. Большие затруднения вызвала часть задачи № 1, связанная с элементами

синтеза рычажного механизма, а именно определением крайних положений механизма и хода рейки. Правильные решения были даны только тремя уча-

стниками. Очевидно, при подготовке к следующим олимпиадам надо обратить внимание на соответствующий раздел учебного курса.

Таблица 2. Анализ решений участников олимпиады

№ задачи	Анализ содержания решений		Количество
1	<b>ЗАДАЧА № 1</b>		
	Количество участников, решавших задачу		47
	Нет ни одной идеи, ведущей к решению		36
	Правильные решения	План скоростей механизма	18
		Скорость точки выходного звена	17
		План ускорений механизма	1
		Определение крайних положений механизма	4
		Определение коэффициента изменения средней скорости выходного звена	3
Определение хода рейки		3	
2	<b>ЗАДАЧА № 2</b>		
	Количество участников, решавших задачу		16
	Нет ни одной идеи, ведущей к решению		6
	Правильные решения	План скоростей	3
		План ускорений на прямолинейном участке	0
		План ускорений на эвольвентном участке	3
Сила инерции		0	
3	<b>ЗАДАЧА № 3</b>		
	Количество участников, решавших задачу		37
	Нет ни одной идеи, ведущей к решению		9
	Правильные решения	Условие экстремума угловой скорости	11
		Определение скорости точки, принадлежащей вращающемуся звену	21
		Кинетическая энергия в мгновенно-поступательном движении	10
Численный ответ		9	
4	<b>ЗАДАЧА № 4</b>		
	Количество участников, решавших задачу		37
	Нет ни одной идеи, ведущей к решению		8
	Правильные решения	Расчет диаметров делительной, основной окружностей и диаметра окружности вершин колеса	17
		Расчет угловой скорости колес	22
		Определение точек начала и конца контакта пары зубьев	10
		Векторное уравнение для относительной скорости и треугольник скоростей	6
Численный ответ		2	
5	<b>ЗАДАЧА № 5</b>		
	Количество участников, решавших задачу		46
	Нет ни одной идеи, ведущей к решению		10
	Правильные решения	Определение фактического числа степеней свободы механизма	14
		Определение лишних степеней свободы	9
		Формулировка условия соосности колес 5, 6, 7	29
		Передаточное отношение дифференциальной ступени	23
		Передаточное отношение замыкающей цепи	25
Общее передаточное отношение механизма		19	
Численный ответ	17		
6	<b>ЗАДАЧА № 6</b>		
	Количество участников, решавших задачу		26
	Нет ни одной идеи, ведущей к решению		5
	Правильные решения	Составление дифференциального уравнения движения механизма в общем виде	7
		Приведенный момент инерции	15
		Кинематические соотношения для скоростей	15
		Кинематические соотношения для ускорений	9
		Приведенный момент сопротивления	16
		Дифференциальное уравнение движения механизма в функции обобщенной координаты	4
		Треугольник сил инерции	2
		Угловое положение противовесов	2
Величина массы каждого противовеса		3	

№ задачи	Анализ содержания решений	Количество	
7	<b>ЗАДАЧА № 7</b>		
	Количество участников, решавших задачу	30	
	Нет ни одной идеи, ведущей к решению	8	
	Правильные решения	Применение теоремы об изменении кинетической энергии	13
		Определение угловой скорости в конце операции прессования и изменения частоты вращения	7
		Определение времени восстановления	7
Определение максимального числа операций прессования в течение одного часа		7	
8	<b>ЗАДАЧА № 8</b>		
	Количество участников, решавших задачу	26	
	Нет ни одной идеи, ведущей к решению	10	
	Правильные решения	Составление дифференциального уравнения движения механизма	3
		Кинематический анализ для толкателя	9
		Математические преобразования, численный ответ для движущего момента	0
		Условие экстремума для движущего момента	1
		Угол поворота, соответствующий максимальному значению движущего момента	1

Таблица 3. Типичные (наиболее часто встречающиеся) ошибки при решении задач

№ задачи	Типичные ошибки	Частота
1	Нерациональный выбор подвижной системы отсчета	22
	Неправильный перевод единиц измерения для угловой скорости	11
	При анализе криволинейного относительного движения не учтено нормальное ускорение	9
	Неправильное составление векторного уравнения для скорости, неправильное направление вектора скорости	5
	Ошибочное определение длин звеньев со схемы механизма	2
	Не учтено ускорение Кориолиса при анализе сложного движения точки	1
2	При расчете ускорения на прямолинейном участке не учтено ускорение Кориолиса	2
	Нет разделения решения для двух участков	2
3	Неправильная интерпретация условия экстремума для функции угла поворота звена от времени	17
	Ошибки счета при определении скорости точки $A$	3
4	Не построены треугольники скоростей	21
	Неверно определены или не определены вовсе точки начала и конца контакта пары зубьев	19
5	Неправильный подсчет числа подвижных звеньев	14
	Неправильный подсчет кинематических пар четвертого класса	8
	Неумение определять лишние степени свободы	7
	Ошибки в преобразованиях формул и расчетах	7
	Неправильный подсчет кинематических пар пятого класса	6
	Неумение определять передаточное отношение дифференциальной ступени механизма (например, с помощью формулы Виллиса)	6
6	Ошибки в знаках передаточных отношений	2
	Дифференциальное уравнение движения механизма в общем виде записано неправильно	14
7	В формуле для приведенного момента учтены не все тела	2
	При расчетах не учтена работа двигателя	4
	Принято, что в конце операции прессования угловая скорость равна нулю	1
	Ошибка в понятии работа момента	1
8	Арифметическая ошибка	1
	Условие экстремума для движущего момента сформулировано неверно, или заменено другим условием	7
	Ошибки при дифференцировании сложной функции	3
	Ошибки в математических преобразованиях	2
	В решении не учтена сила инерции	1

Значительное количество ошибок было допущено при определении числа степеней свободы зубчатого механизма (задача № 5). Неверно подсчитывались количество подвижных тел, число кинематических пар четвертого и пятого классов, а также неправильно была определена лишняя степень свободы. Были сделаны ошибки при определении передаточного отношения дифференциальной ступени зубчатого механизма.

В двух задачах требовалось учесть условие экстремума функции. В задаче № 3 многие ошибки были вызваны тем, что условие достижения угла, определяющего положение звена 2, максимального значения не было интерпретировано как равенство нулю мгновенной угловой скорости. Вместо непосредственного определения кинетической энергии в мгновенно-поступательном движении многие участники предприняли попытки построения планов скоростей для

каких-либо положений звена. Поскольку положения звена (и механизма) были выбраны произвольно и неверно, расчеты не дали правильное значение мгновенной угловой скорости звена 2. Это, в свою очередь, привело как к неверной интерпретации мгновенно-поступательного движения, так и использованию в расчетах неверной формулы.

Многие ошибки при динамическом анализе были связаны с незнанием общего вида дифференциального уравнения движения механизма, а также с тем, что при расчетах не учитывались некоторые силы и моменты.

Следует отметить, что количество технических ошибок, не связанных с творческим процессом, бы-

ло достаточно велико. К ним относятся: неправильный перевод единиц измерения, неумение определять истинные размеры по плану положений, неверное дифференцирование сложной функции, ошибки в математических преобразованиях. Вероятно, часть из них может быть списана на стрессовую ситуацию, в которой находился каждый участник соревнования. Тем не менее очевидно, что вычислительные и другие технические навыки у потенциальных участников олимпиад должны быть доведены до автоматизма.

#### Итоги олимпиады

Результаты в личном (первые 10 мест) и командном зачете приведены в табл. 4, 5.

Таблица 4. Лучшие результаты личного первенства

Место	Имя, фамилия	Баллы	Университет	Страна
1	Юрий Мразов	28,2	Чувашский государственный университет	Россия
	Ян Ли	28,1	Шанхайский университет Цзяо Тун	Китай
2	Вэй Ли	26,9	Шанхайский университет Цзяо Тун	Китай
3	Юрий Левин	25,3	Волгоградский государственный технический университет	Россия
4	Игорь Анашкин	24,3	Чувашский государственный университет	Россия
5	Евгений Петров	22,8	Чувашский государственный университет	Россия
6	Дмитрий Брызгалов	21,2	Волгоградский государственный технический университет	Россия
7	Николай Мулюкин	19,8	Чувашский государственный университет	Россия
8	Алена Егорова	17,9	Чувашский государственный университет	Россия
9	Владимир Кадышев	16,5	Ижевский государственный технический университет	Россия
10	Цинцэ Чжан	15,7	Шанхайский университет Цзяо Тун	Китай

Таблица 5. Результаты командного первенства

Место	Университет	Страна
1	Чувашский государственный университет	Россия
2	Шанхайский университет Цзяо Тун	Китай
3	Волгоградский государственный технический университет	Россия
4	Уфимский государственный авиационный технический университет	Россия
5	Ижевский государственный технический университет	Россия
6	Университет науки и технологий г. Ухань	Китай
7	Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С. П. Королева	Россия
8	Технологический университет г. Брно	Чешская Республика
9	Костромской государственный технический университет	Россия
10	Дамасский университет	Сирия
11	Университет г. Печ	Венгрия
12	Востокукринский национальный университет им. В. Даля	Украина
13	Университет им. А. Дубчека, г. Тренчин	Словацкая Республика
14	Словацкий технический университет, г. Братислава	Словацкая Республика
15	Египетско-Российский университет	Египет

Две команды из Российской Федерации – Южно-Уральский государственный технический университет и Башкирский государственный аграрный университет – участвовали в соревновании вне конкурса. Диплом за оригинальное решение был вручен Якубу Крижану, студенту Технологического университета г. Брно из Чешской Республики. Команда Университета науки и технологий г. Ухань из Китая получила приз за волю к победе.

На рис. 3 показаны фотографии заключительного этапа олимпиады – награждение победителей.

#### Заключение

Международные предметные студенческие олимпиады потенциально являются мощным сред-

ством, стимулирующим приток молодых талантов в научную и производственную сферы. Такие мероприятия предоставляют площадку для обмена идеями, технологиями и находками между преподавателями университетов в области методологии обучения прикладным дисциплинам, к которым относится и ТММ.

Для повышения эффективности проведения студенческих олимпиад по прикладным техническим дисциплинам целесообразно такие олимпиады проводить комплексно, как проводятся спортивные олимпиады, – одновременно, в одной стране. Соревнования по различным дисциплинам могут проводиться на базе ведущего высшего учебного заведе-

ния страны – организатора олимпиады по прикладным инженерным дисциплинам. Подобные предметные олимпиады могут быть организованы по аналогии с Дельфийскими играми древней Греции, которые были альтернативой спортивным

олимпиадам и проводились в области культуры и искусства.

Следующая международная студенческая олимпиада по ТММ пройдет по решению IFToMM в 2013 году в Шанхайском университете Цзяо Тун (Китай).



Рис. 3. Церемония награждения победителя SIOMMS-2011

#### Библиографические ссылки

1. Устинова Н. П., Кузнецов Н. П. Олимпиада – действенный механизм развития творческого (инженерного)

мышления // Вестник ИжГТУ. – 2009. – № 1(41). – С. 158–160.

2. The website of IFToMM. – URL: [www.iftomm.com](http://www.iftomm.com)

3. The website of the Olympiad. – URL: [siomms.istu.ru](http://siomms.istu.ru)

*E. G. Krylov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*N. P. Kuznetsov*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*A. V. Elensky*, PhD in Chemistry, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

#### The First Student International Olympiad on Mechanism and Machine Science

*Izhevsk State Technical University hosted the First Student International Olympiad on Mechanism and Machine Science on April, 19-21, 2011. Olympiad organizing procedure, results, specific problem solutions and their typical errors are discussed in the paper.*

**Key words:** international student science Olympiads, mechanism and machine science, analysis of participants' solutions, typical errors.

УДК 74.584(2)7

**И. В. Воловик**, кандидат философских наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ: РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ

*Изучение тенденций развития современного образования предполагает учет различий между регионами по уровню социально-экономического развития. Проблемы развития образования в регионах целесообразно решать, соблюдая национальную идентичность и исторические традиции. Региональные особенности образования в России должны отражать его целостность и многоуровневость, соответствие запросам региона, передовым и культуросообразным требованиям времени.*

**Ключевые слова:** концепция регионализации, национальная и культурная идентичность, модернизация национальной системы образования, общеевропейское образовательное пространство.

**П**роблемы образования, в том числе и регионального, невозможно решать эффективно без их всестороннего философского осмысления, поскольку от степени развитости философии образования зависит научный и мировоззренческий уровень политики, стратегии и тактики развития образовательных систем. Исследуя образование как

сложную и открытую систему, следует учитывать, что оно способно развиваться и гибко реагировать на глобальные тенденции, решать цивилизационные проблемы, в результате чего вырабатывать собственные подходы в теории социокультурной динамики.

Ученые, анализируя тенденции мирового развития, часто обращаются к концепции регионализа-