

*И.А. Мамаева, доктор пед. наук*

Костромская государственная сельскохозяйственная академия

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ

**М**етодология философского уровня указывает на теоретическое (понятийное) мышление как на высшую форму мыслительной деятельности человека и обнаруживает в качестве одной из предпосылочной форм его знания стиль мышления. Как можно интерпретировать данное положение применительно к мышлению инженера? Можно ли найти основание в этом для методических принципов обучения будущего инженера? В поиске ответов на данные вопросы проанализируем понятие «инженерное мышление», рассмотрим характеристику стиля инженерного мышления и определим методологические ориентиры для создания такой системы обучения в вузе, которая способна внести вклад в формирование стиля инженерного мышления.

В работах исследователей инженерного мышления ([1–6]) оно предстает как многомерный объект, описываемый языками социальной философии, методологии науки, гносеологии, культурологии, психологии и социологии, т. е. оно предстает в качестве социокультурного феномена.

Рассматривая процессуальные стороны инженерного мышления — познавательные и творческие процессы, возникающие при решении инженерных задач, и психологические механизмы, которые задействованы в этом, исследователи показывают, что психология инженерного мышления обусловлена спецификой того когнитивного материала, которым «оперирует» инженерное мышление. Особенности мышления — наглядность, знаково-символическое представление, форма и другие обуславливают доминанту наглядно-образной компоненты в психологической структуре инженерного мышления, значимость процессов воображения, интуиции, фантазии, невербализованного мышления для решения инженерных задач.

Методология деятельности определяет инженерное мышление как деятельность, объединяющую в качестве материала понятия, категории, знания различных наук, в том числе гуманитарных. При этом отмечается, что решение инженерных задач в современных условиях связано не только с разрешением организационных, но и методологических проблем, что указывает на необходимость выработки системных представлений и процедур в области инженерной деятельности. Основания инженерного мышления — это идеалы и нормы,

выступающие в роли неявного, предпосылочного знания по отношению к самому процессу решения инженерной задачи. Фундаментальные принципы и методологические установки предпосылочного знания регулируют и определяют процесс инженерного творчества.

Определение предметной области инженерного мышления в виде уровней «технической реальности» представляет инженерное мышление как сложно организованный и структурный феномен, интегрирующий большой комплекс знаний, методов, моделей естественно-научного, технико-технологического, математического, социально-экономического и гуманитарного планов. Под структурой «творческой инженерной деятельности» понимается расчлененность процедуры создания, последовательность этапов мотивации, целеполагания, сбора информации, рождение новых идей, формирование образа будущего продукта, его конструктивное воплощение. К важнейшей характеристике творческого инженерного мышления исследователи относят его системность.

Часто исследователи отмечают, что синтез логического и образного мышления — это особенность мышления инженера, которая проявляется в его деятельности. А объясняют данную особенность запасом технических знаний и методов их усвоения, указывая на значимость обучения студентов такой дисциплине как физика и предъявляя особые требования к прочности знаний и их специальной организации: знания инженера должны быть системно организованы и содержать модельные представления о природных явлениях.

В целом, опора на естественно-научный тип мышления очевидна, считают исследователи, поскольку инженер видит природу сквозь призму естественных наук, на этом основаны инженерия, конструирование машин и механизмов [7, с. 141].

Представление об инженерном мышлении как о процессе, в котором присутствует творческая составляющая, позволяет говорить о нем как о более широком понятии, чем техническое мышление, поскольку техническое мышление ассоциируется с операционным (в какой-то степени алгоритмизированным) мышлением в отличие от творческого мышления инженера. Общими для них являются элементы структуры мышле-

ния — это понятие, образ, действие, а также обращение к «технической реальности».

В рамках теории познания специфика инженерного мышления определяется характером инженерной деятельности и указывает на то, что *процесс решения инженерной задачи выступает как специфический познавательный процесс*, результатом которого является не познание некоторой природной закономерности, а познание возможностей и способов организации соответствующих предметных структур для получения требуемого технического эффекта, особенность инженерного мышления состоит в том, что оно оперирует специфической формой знания — «техническим» знанием [5]. Эта характеристика инженерного мышления указывает на возможность раскрытия понятия «инженерное мышление», опираясь на понятия «научное мышление», «научный метод познания». А с учетом того, что методология такого уровня оперирует еще одним важным понятием — «стиль научного мышления», — можно на основе рассмотрения характеристики стиля научного мышления определить черты стиля инженерного мышления.

Сущность стиля научного мышления проявляется в форме ценностного регулятивного знания: «через формирование стиля социокультурные и мировоззренческие моменты включаются в логику познания и преобразуют его» [8]. Особенности стиля научного мышления раскрываются в следующих характеристиках [8]:

- системность;
- методологическая нормативность;
- историчность (соответствие современному уровню философско-методологического познания, в содержании которого, конечно, отражено и само научное знание).

Если учесть, что в развитии мышления человек стремится достичь уровня теоретического (понятийного) мышления, опирающегося на общенаучные категории системы знаний и оперирующего знаниями современных философско-методологических подходов, то можно принять за основное положение идею о том, что стиль инженерного мышления должен обладать характеристикой стиля научного мышления [9]. Следовательно, можно утверждать, что к характеристике стиля инженерного мышления должны быть отнесены системность, методологическая нормативность и историчность.

Очевидно, одна характерная особенность, на которую указывают многие исследователи [2, 7, 10–17]: *в стиле инженерного мышления находит отражение деятельностьная сторона мировоззрения инженера, система мировоззренческих регулятивов*, стиль мышления инженера состоит в целенаправленном, опосредованном и обобщенном познании субъектом существенных связей и отношений между объектом и его элементами, в твор-

ческом создании и прогнозировании новых объектов и их возможностей. Профессиональный стиль мышления инженера исследователи определяют как устойчивую целостную систему мировоззренческих регулятивов, которыми руководствуется специалист в своей работе. Стиль мышления интерпретируется как мировоззрение в его деятельностной (методологической) форме, как проявление мировоззренческих установок в действии (на практике).

Опираясь на тезис «стиль инженерного мышления — это мировоззрение в действии», выделяют в стиле инженерного мышления соответствующую методологическую составляющую (характеристику). В качестве нее предстает мировоззренческий (онтологический) регулятивный компонент, отражающий регулятивную функцию знаний инженера — онтологических представлений о «технической реальности», свойствах ее объектов и способах их детерминации, т. е. наряду с методологической нормативностью в стиле инженерного мышления должна находить отражение *онтологическая регулятивность*. Онтологическая регулятивность — характеристика стиля инженерного мышления, обеспечивающая «сущностную», мировоззренческую регулятивность предпосылочного знания. Онтологическая регулятивность отражает ту мировоззренческую составляющую мышления инженера, которая придает онтологическим схемам действенность и позволяет им быть регулятивом в инженерной деятельности. С учетом этого к характеристикам стиля инженерного мышления будем относить:

- системность;
- методологическую нормативность;
- онтологическую регулятивность;
- историчность (в методологическом понимании).

Стиль мышления современного инженера можно рассматривать как основу для проявления творческого начала в мыслительной деятельности инженера, в рамках формирования теоретического (понятийного) мышления как целеполагающий фактор образования будущего инженера. При этом характерные особенности стиля инженерного мышления могут стать методологическими ориентирами для формулирования целей обучения. Рассмотрим, на что необходимо ориентироваться системе обучения, если ее цель — внести вклад в формирование системных знаний, методологически нормативных, онтологически значимых и исторически обусловленных (с методологической точки зрения).

Поиск философско-методологических оснований формирования у студентов системности мышления с методологической нормативностью и «сущностной» ориентацией в рамках современных методологических представлений заставил, во-первых, обратиться к системе научных (методологических)

знаний [18] как основанию разработки содержания обучения [19–20] и, во-вторых, обнаружил необходимость обязательного включения в систему знаний будущего инженера таких общенаучных категорий:

*метод* — способ действия, позволяющий внутренне организовывать и регулировать процесс познания, теоретического или практического преобразования того или иного объекта [21];

*модель* — функциональное гомоморфное отображение части внешнего мира на систему понятий (изображений, визуализированных картин, символов, знаков). Это отображение не является изоморфным, т. е. взаимно однозначным, однако оно сохраняет существенные связи между элементами внешнего мира или первичной модели, последнее свойство позволяет модели быть не только описательной, но и предсказательной ([3, 7, 2, 23];

*явление* — внешняя сторона вещи, ее многообразные формы существования, данность субъекту, фрагмент физической реальности, объект исследования. Установление закономерностей, обнаруживаемых в явлении, и их объяснение могут стать предметом изучения (исследования) явления, что указывает на существование функциональных отношений между явлением и законом в системе научных (методологических) знаний и на выделение еще одного важного для обучения будущих инженеров понятия — «закон».

Базовые представления методологии научного познания и методологии мышления инженера показывают, что явление играет для первой и второй важную роль. В методологии мышления инженера явление рассматривается как объект инженерного исследования — специфического познавательного процесса (здесь явление — фрагмент физической или «технической» реальности). Если учесть,

что категория «явление» всегда рассматривается в неразрывном единстве с категорией «сущности», а в определении сущности акцент сделать на слове «связь», то необходимо отметить, что в познавательном движении будущего инженера должно наблюдаться движение *от явления к сущности* через формирование связей между физическими или «техническими» явлениями и описывающими их фрагментами научного знания (рис. 1, левая часть).

С точки зрения методологии деятельностного подхода «явление» может быть отнесено к предмету инженерной деятельности (рис. 1, правая часть): предмет после преобразования инженером действительности становится продуктом деятельности (например, новым техническим объектом — новым фрагментом «технической» реальности).

Представление о «явлении» как о предмете инженерной деятельности в этом случае указывает на необходимость установления функциональных связей между «явлением» и теми элементами знаний, которые могут рождают *методы преобразования инженером действительности*. Обнаружить эти методы можно в модели мыслительных действий инженера, решающего инженерные задачи. При столкновении с проблемой, с необходимостью преобразовать поведение или свойства объекта, инженер экстраординирует, переводит во внешний план, тот вариант отношений, который в данный момент наиболее полно и адекватно связывает исследуемое явление с постановкой проблемы (рис. 1, правая часть):

- если для решения задачи достаточно привлечения связи между количественными характеристиками объекта, то на первый план выступает отношение «явление—величина»;
- если для решения задачи достаточно привлечения качественного модельного описания явления, то на первый план выступает отношение «явление—модель»;
- если для решения задачи достаточно привлечения закономерности, характерной для данного явления, формализованной в законе, то на первый план выступает отношение «явление—закон»;
- если для решения задачи необходимо привлечение метода исследования (описания, объяснения, предсказания) явления, то на первый план выступает отношение «явление—метод».

Очевидно, данные отношения могут проявляться в различных сочетаниях, но при этом на отдельных «элементарных участках» мыслительной деятельности будет проявляться одно из указанных отношений.

«Разворачивание» понятийной связи «явление—метод» может опираться на «рождение» понятийных связей «явление—модель», «явление—величина», «явление—закон», и именно поэтому его

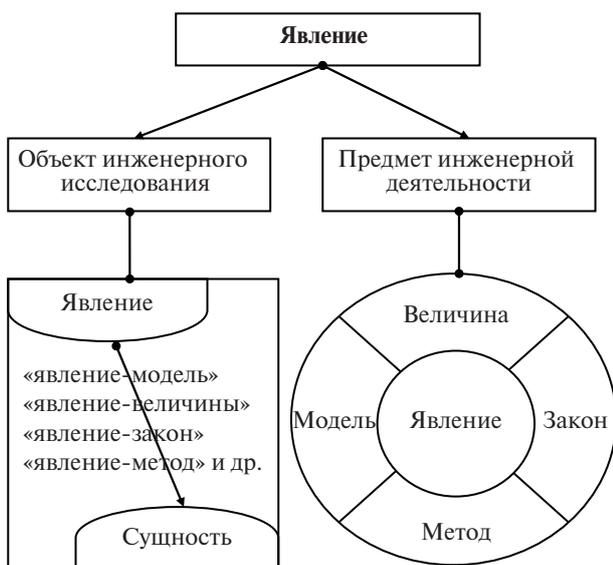


Рис. 1. «Явление» в инженерном мышлении

можно интерпретировать как особый способ познания «технической реальности». В качестве примера такого мыслительного движения можно указать на применение в решении инженерных задач:

*методов, основанных на решении уравнений, описывающих «идеальные» или «приведенные к идеальным» процессы* (например, методы решений уравнений Максвелла, нелинейных дифференциальных уравнений и др.);

*методов определения (измерения) характеристик (величин) реальных технических объектов* и оценки их достоверности (основание — методология проведения измерений);

*методов, основанных на знаниях способов перехода от реальных объектов к «идеальным» моделям, и наоборот* (например, методы исследования границ применения моделей объектов, коэффициентов подобия или т. п.) и др.

В качестве методов решения инженерных задач выделяют также специальные методы и приемы, описываемые в теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). А также особые психологические приемы поиска решения, например, метод мозгового штурма и др. При этом фундаментом для нахождения решения инженерной задачи (с помощью ТРИЗ или психологических приемов) являются системные знания инженера, и прежде всего, в основных предметных областях знаний.

Выявив, с одной стороны, базовые элементы системы научных (методологических) знаний будущего инженера, отметим, что выделение «явления» в качестве системообразующего элемента системы научных (методологических) знаний и формирование *на мировоззренческом уровне* понятийных отношений «явление—величина», «явление—модель», «явление—закон», «явление—метод» в мыслительной деятельности будущего инженера играет важную роль для формирования онтологической регулятивности стиля инженерного мышления.

С другой стороны, рассматривая возможности формирования системы научных (методологических) знаний будущего инженера в соответствии с методологическим подходом к изучению явлений, отметим, что на методику обучения должно быть спроецировано движение исследовательской мысли от явления к сущности. Это движение непосредственно связано с методологией научного познания, с переходом мыслительной деятельности от одной формы знания к другой. Оно позволяет представлять явление в качестве объекта любого инженерного исследования и играет важную роль для формирования методологической нормативности стиля инженерного мышления.

Таким образом, методологические ориентиры в обучении будущего инженера можно сформулировать следующим образом.

1. Знания будущего инженера должны формироваться в виде системы, методологическим основанием которой является система научных (методологических) знаний инженера. К базовым элементам системы научных (методологических) знаний инженера необходимо отнести такие общенаучные категории как «явление», «величина», «закон», «модель», «метод» (рис. 2). Это дает основание говорить о том, что в содержании обучения должна найти отражение совокупность представленных на рис. 2 общенаучных категорий. Мировоззренческую регулятивность системе знаний должно обеспечить формирование на мировоззренческом уровне понятийных связей между выделенными элементами системы научных (методологических) знаний будущего инженера.

2. Представление о процессе решения инженерной задачи как о специфичном познавательном процессе, объект исследования которого — явление, и представление об инженерной деятельности как о квазипроцессуальном процессе, предмет деятельности которого — явление, дают основания для выделения «явления» в качестве системообразующего элемента системы научных (методологических) знаний инженера. Это дает основание говорить о том, что в методике обучения будущего инженера категории «явление» необходимо уделять особое внимание. Кроме этого особую значимость приобретает формирование понятия «метод» и понятийного отношения «явление—метод», через наполнение их предметным содержанием обеспечивается методологическая рефлексия студента на теоретическом (понятийном) уровне познания (рис. 2 и 3).

3. Знания будущего инженера должны формироваться в соответствии с научным методом познания. Это дает основание говорить о том, что в содержании обучения должен найти отражение метод научного познания наряду с методами исследования явлений в конкретной ситуации на теоретическом уровне.

В схеме на рис. 2 находят отражения методологические ориентиры: системность знаний; значимость формирования понятия «метод»; последовательность формирования форм знаний — от фак-

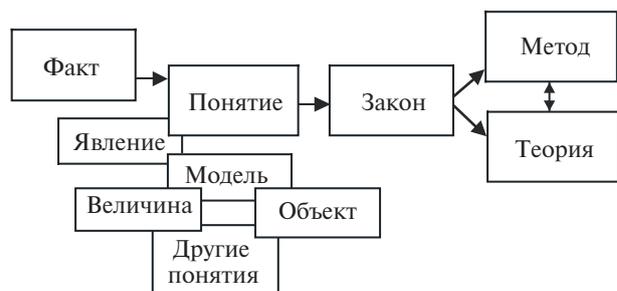


Рис. 2. Система научных (методологических) знаний инженера



Рис. 3. Модель процесса формирования понятийных отношений в системе знаний будущих инженеров

тов к понятиям, от понятий к законам, от законов к методам и теориям (указана с помощью стрелок в схеме); и возможность отражения диалектического единства метода и теории.

В схеме на рис. 2 не находит отражения возможность формирования понятийных отношений, выстраиваемых вокруг понятия «явление». Модель процесса формирования указанных понятийных отношений при обучении будущих инженеров можно создать, если учесть, что отношение «явление-метод» начинает рождаться в системе знаний тогда, когда другие отношения, «явление—модель», «явление—величина», «явление—закон», уже в какой-либо степени сформированы (рис. 3).

На рис. 3 отражена методическая последовательность процесса формирования основных понятийных связей при обучении инженера: «явление—модель», «явление—величина», «явление—закон», «явление—метод». Направления стрелок 1, 2 и 3 символически указывают на «предмет исследования» на каждом шаге процесса «исследования» явления. Очевидно, наполнение данной модели предметным содержанием может быть разным для разных дисциплин.

Методическая последовательность создания указанных на рис. 3 понятийных связей должна найти отражение в рамках любой формы обучения (рис. 4). Контроль обучения (рис. 4) может стать основанием для диагностики формирования форм знания у будущего инженера и выбора корректирующих мероприятий на базе методологических представлений об уровне знаний студента. Диагностика может дать ответы на вопросы, какой уровень знаний (теоретический или экспериментальный), какие методологические формы знания (понятия, законы, методы или теории) преобладают у студента, и стать основанием корректировки обучения.

Кроме этих методологических особенностей обучения будущих инженеров на рис. 4 находят отражение положение о стиле инженерного мышления как о целеполагающем факторе в обучении будущих инженеров и положение о возможности формирования характеристики стиля инженерного мышления с помощью методик обучения, адекватных обозначенным дидактическим задачам.

Содержание методологически ориентированного обучения должно базироваться на представлениях о характеристике стиля инженерного мышления, т. е. в содержании обучения должны найти отражение:

- система знаний как совокупность связанных элементов;
- метод научного познания, методы исследования явлений в конкретной ситуации на теоретическом уровне;
- знания онтологического («сущностного», мировоззренческого) уровня;
- методы исследований, отражающие современный философско-методологический уровень познания (например, синергетический подход).

### Выводы

1. Обучение будущих инженеров в вузе призвано внести вклад в развитие теоретического (понятийного) мышления личности, нацеленной на выполнение инженерной деятельности. С этих позиций основанием для построения методической системы обучения будущих инженеров должна стать методология познания (в которой находят отражение системность знаний и последовательность перехода от одной формы знания к другой) и методология мышления инженера (в которой мышление предстает и как специфичный познавательный процесс, и как мыслительная деятельность по преобразованию действительности).

2. Конкретизировать цели и содержание обучения помогает характеристика стиля инженерного мышления. Обучение будущих инженеров может и должно внести вклад в формирование совокупности характеристик стиля инженерного мышления, которые выступают в роли свойств мышления в познавательной деятельности будущего инженера и, в свою очередь, указывают на те качества знаний, которые могут обеспечить функционирование мышления с указанными свойствами:

1) системность — функционирование знаний о материальной действительности и методах ее исследования и преобразования как единой системы;

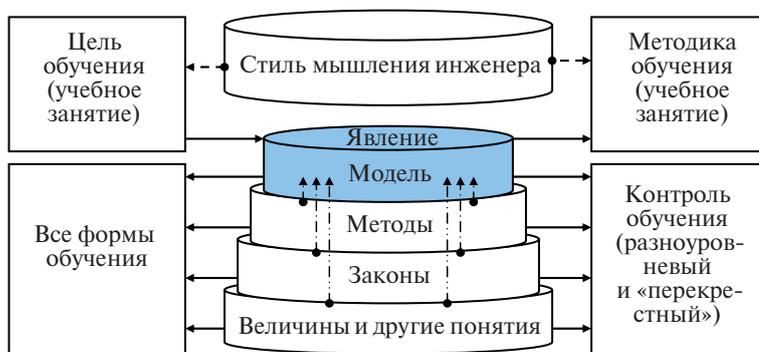


Рис. 4. Методологические особенности обучения (учебные занятия) будущих инженеров

2) методологическая нормативность — функционирование знаний в виде руководств правилами, нормами, программами для определения способов действий и осуществления самих действий, адекватных научной методологии разного уровня;

3) онтологическая регулятивность — функционирование знаний в виде руководств онтологическими регулятивами (руководство мировоззренческим содержанием знаний, онтологическими представлениями о материи и ее свойствах в познавательных и иных действиях);

4) историчность — функционирование знаний о материальной действительности и методах ее исследования и преобразования, максимально приближенных к современному философско-методологическому уровню познания.

3. Методическим решением достижения поставленной цели становится решение осуществления познавательной деятельности студентов в соответствии с методом научного познания, с опорой на общенаучные категории системы научных (методологических) знаний, через выделение «явления» в них в качестве системообразующего элемента.

4. Рассмотренные целевые и содержательные аспекты, методологические особенности и методические решения могут быть отнесены к характеристикам методологически ориентированного обучения будущих инженеров.

Опора на систему научных (методологических) знаний позволяет сформировать устойчивый методологический «каркас» в знаниях студента и обеспечить ему преемственность знаний при переходе от дисциплины к дисциплине.

### Список литературы

1. Грабарь, В.В. Инженерное мышление как социокультурный феномен и проблема гуманитаризации инженерного образования: автореф. дис. ... канд. фил. наук / В.В. Грабарь. — Пермь, 1997. — 20 с.
2. Зиновкина, М.М. Креативное инженерное образование. Теория и инновационные креативные педагогические технологии: монография / М.М. Зиновкина. — М.: МГИУ, 2003. — 372 с.
3. Зинченко, В.П. Психологические основы педагогики (Психолого-педагогические основы построения системы развивающего обучения Д.Б. Эльконина — В.В. Давыдова): учеб. пособие / В.П. Зинченко. — М.: Гардарики, 2002. — 432 с.
4. Зуева, Ф.А. Педагогические условия развития технического мышления у студентов инженерно-педагогических специальностей: автореф. дис. ...канд. пед. наук / Ф.А. Зуева. — Челябинск, 1998. — 18 с.
5. Комаров, С.В. Проблема инженерного мышления. Автореф. дис. ...канд. фил. наук / С.В. Комаров. — Свердловск, 1991. — 20 с.
6. Столяренко, Л.Д. Психология и педагогика для технических вузов / Л.Д. Столяренко, В.Е. Столяренко. — Ростов н/Д: Феникс, 2001. — 512 с.
7. Розин, В.М. Типы и дискурсы научного мышления / В.М. Розин. — М.: Эдиториал УРСС, 2000. — 248 с.
8. Микешина, Л.А. Философия науки. Современная эпистемология. Научное знание в динамике культуры. Методология научного исследования: учеб. пособие / Л.А. Микешина. — М.: Прогресс-Традиция; МПСИ; Флинта, 2005. — 464 с.
9. Кондратьев, В.В. Методология науки и высшего профессионального образования: учеб. пособие / В.В. Кондратьев. — Казань: Изд-во Казанского государственного технологического ун-та, 2001. — 152 с.
10. Девятков, Н.М. Формирование технологической картины мира и стиля технического мышления учащейся молодежи / Н.М. Девятков, А.А. Макареня, Ю.И. Нечаев // Антропозкологические подходы в современном образовании: сб. научно-методических материалов. — Новокузнецк: Изд-во ИПК, 1999. Ч. 1. — С. 137–143.
11. Философия техники: история и современность / Подгот. В.Г. Горохов и др.; отв. ред. В.М. Розин. — М.: РАН, Институт философии, 1997. — 284 с.
12. Иванов, Н.И. Философские проблемы инженерной деятельности: теоретические и методологические аспекты / Н.И. Иванов. — Тверь: ТГТУ, 1995. — 100 с.
13. Лебединская, Н.А. Инженерная педагогика: учеб. пособие / Н.А. Лебединская. — Новосибирск: СГГА, 1998. — 266 с.
14. Никитаев, В.М. Инженерное мышление и инженерное знание (логико-методологический анализ) / В.М. Никитаев // Философия науки. — Вып. 3. Проблемы анализа знания; отв. ред. М.А. Розов. — М.: РАН, институт философии, 1997. — 246 с.
15. Рыжов, В.П. Инженерное образование в информационном обществе / В.П. Рыжов. — М.: Энергия (РАН), 2004. — № 2. — С. 35–38.
16. Чирков, В.Г. Методология формирования инженерного мышления у студентов технических университетов / В.Г. Чирков // Высшее образование сегодня. — 2002. — № 2. — С. 56–57.
17. Шубин, В.И. Инженерная деятельность на рубеже тысячелетий: потребность в синтезе технической и гуманитарной культуры / В.И. Шубин, Ф.Е. Пашков // Культура. Техника. Образование: учебное пособие для техн. университетов [Электронный ресурс]. — Днепропетровск, 1999. — Режим доступа: <http://n-t.ru/ri/sb/kt06.htm>
18. Копнин, П.В. Диалектика как логика и теория познания (опыт логико-гносеологического познания) / П.В. Копнин. — М.: Наука, 1973. — 328 с.
19. Копнин, П.В. Диалектика, логика, наука / П.В. Копнин. — М.: Наука, 1973. — 464 с.
20. Гершунский, Б.С. Педагогическая прогностика: методология, теория, практика / Б.С. Гершунский. — Киев: Изд-во при Киевском ун-те ИО «Вища школа», 1986. — 200 с.
22. Гершунский, Б.С. Философия образования / Б.С. Гершунский. — М.: Московский психолого-социальный ин-т; Флинта, 1998. — 428 с.
23. Казанцев, С.Я. Методологическая культура студентов в условиях фундаментализации обучения / С.Я. Казанцев, Л.А. Казанцева // Педагогическое образование и наука. — 2001. — № 3. — С. 9–14.
24. Давыдов, В.В. Виды и обобщения в обучении (логико-психологические проблемы построения учебных предметов) / В.В. Давыдов. — М.: Педагогика, 1972. — 424 с.