

УДК 378.147  
ББК 4448.025

ГСНТИ 14.85.01

Код ВАК 13.00.02

### **Либерман Яков Львович,**

доктор технических наук h. c., кафедра «Станки и инструмент», Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург); профессор Российской академии естествознания; действительный член Европейской академии наук; 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; e-mail: yakov\_liberman@list.ru.

### **Лукашук Ольга Анатольевна,**

кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные машины и роботы», Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург); 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; e-mail: ptmir@inbox.ru.

## **РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ ЗАДАЧ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ СТУДЕНТАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** проблемное обучение; проектирование; технические противоречия.

**АННОТАЦИЯ.** Описываются общие принципы проблемного обучения и особенности их применения в дипломном проектировании. Рассматриваются пути перехода от проблемных ситуаций к проблемным задачам проектирования и методы решения проблемных задач, эффективные для различных категорий студентов.

### **Liberman Jakov Lvovich,**

Doctor of Technical Sciences, Department "Machinery and Tools", Ural Federal University, Professor of Russian Academy of Natural Sciences, Member of European Academy of Sciences, Ekaterinburg.

### **Lukashuk Olga Anatolievna,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Handling Machinery and Robots", Ural Federal University, Ekaterinburg.

## **PROBLEM TASKS SOLVING BY TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS WHILE DEVELOPING THEIR GRADUATION PROJECTS**

**KEY WORDS:** problem-based learning; project designing; technical contradictions.

**ABSTRACT.** The article describes the general principles of problem-based learning and the ways to apply them to the graduation project designing. It discusses the transition paths from problem situations to problem tasks of designing and methods of problem tasks solving that are effective for different categories of students.

**К** ак известно, суть проблемного обучения сводится к следующему: «...в процессе творческого решения учащимися проблем и проблемных задач в определенной системе происходит творческое усвоение знаний и умений, овладение опытом творческой деятельности, накопленным обществом, формирование граждански активной высокообразованной и сознательной личности» [6, с. 6, 18]. В основе проблемного обучения лежит воспитание творческого мышления, характеризующегося следующими основными чертами:

- видением новых проблем в знакомых, стандартных условиях;
- видением структуры объекта, подлежащего изучению;
- способностью самостоятельно переносить знания и умения в новую ситуацию;
- умением комбинировать ранее известные способы решения проблемы в новый способ;
- умением создавать оригинальный способ решения при известности других;
- умением видеть альтернативу решения и производить оценку вариантов.

Одной из распространенных форм проявления и применения творческого мыш-

ления является проектная работа, для которой характерны все перечисленные выше черты. В ходе проектной работы инженер разрабатывает нечто объективно новое (машину, здание, прибор), до этого не существовавшее, но необходимое обществу. Как правило, проектная работа распадается на две части – расчет и конструирование (в ряде случаев конструирование дополняется рациональным подбором типовых решений). Творческое мышление необходимо для выполнения обеих частей, однако в большей степени оно требуется при конструировании. Это не значит, что при расчете оно вообще не требуется. В ряде случаев расчет принципиальных схем, узлов и элементов проектируемого объекта чрезвычайно затруднен из-за отсутствия его методик, большого количества факторов, влияющих на параметры объекта, и т. п. В ходе расчета иногда приходится создавать необходимые методики, производить анализ существенности факторов и выбор наиболее значимых из них, а это без творческого мышления невозможно. Тем не менее ситуации, когда создается что-то новое в процессе расчета, в технике встречаются не часто. В процессе же конструирования новое создается всегда (иначе это не

конструирование, а копирование), что и обуславливает большую необходимость творческого мышления при выполнении конструкторских работ.

Дипломное проектирование в техническом вузе также распадается на расчет и конструирование со всеми присущими этим частям особенностями. Однако, в отличие проектирования в производственных условиях, оно может быть и не направлено на создание объективно нового. Поскольку дипломное проектирование носит учебный характер, его целью может являться и создание субъективно нового – объекта уже существующего, но не известного студенту. Решение, найденное студентом, будет новым только для него, но зато появляется возможность сравнения реального и учебного путей поиска этого решения.

Независимо от того, объективно или субъективно новое создается в проекте, началом создания нового всегда является проблемная ситуация. В общем случае «проблемная ситуация представляет собой явно или смутно осознанное субъектом затруднение, пути преодоления которого требуют поиска новых знаний, новых способов действия» [Там же]. Применительно к проектированию проблемная ситуация – это осознанное техническое противоречие между отдельными частями или параметрами объекта проектирования. Согласно ряду источников [2, с. 19–21; 5, с. 267–268], техническое противоречие выражается в том, что если известными способами улучшить одну часть (или один параметр) объекта, то другая его часть (или другой параметр) недопустимо ухудшается. Пусть, например, имеется кулачковый пресс-автомат для гибки изделий из проволоки. Требуется повысить его производительность. Самый простой способ повышения производительности в данном случае – это увеличение частоты вращения кулачкового распределительного вала. Но значительное увеличение частоты вращения распределительного вала приведет к повышенному износу механизмов автомата, снижению его надежности и долговечности. Налицо техническое противоречие. При создании гравировального станка необходимо повысить долговечность шпиндельного узла (в существующих станках шпиндель имеет частоту вращения до 30 тыс. об/мин, и подшипники быстро выйдут из строя). Естественное решение в этом случае – замена подшипников шпинделя магнитными опорами. Но такая замена повлечет за собой потерю жесткости шпиндельного узла и точности гравирования. Это тоже техническое противоречие.

Часто технические противоречия указываются в техусловиях проектирования.

Они могут быть сформулированы и в задании на дипломный проект, однако обычно указанное задание выдается с довольно общей формулировкой темы проекта. Например, по специализации «Металлорежущие станки» тема проекта может быть сформулирована так: «Агрегатный станок для обработки деталей типа “фланец”», «Модернизация токарно-револьверного полуавтомата с переводом на программное управление». При таких темах осознание технического противоречия – дело непростое. Для этого необходимо всесторонне и тщательно проанализировать базовый вариант проекта, т. е. тот вариант, который в настоящее время применяется в промышленности. Анализ целесообразно проводить в три этапа. Первый этап – составление перечня достоинств и недостатков базового варианта. Второй этап – составление таблицы известных способов ликвидации каждого недостатка. Третий этап – анализ влияния этих способов на достоинства базового варианта. Выполнение анализа по указанным этапам дает возможность в сравнительно короткие сроки осознать технические противоречия, связанные с темой проекта, и прийти к проблемной ситуации.

Проблемная ситуация является своеобразным импульсом, заставляющим субъекта творчески мыслить. Совершенно ясно, что сам акт творческого мышления только под влиянием проблемной ситуации не начнется. Необходимо, чтобы субъект был подготовлен к восприятию такого импульса, обладал исходными знаниями, отвечающими предметному содержанию ситуации, и интеллектуальными средствами для использования, а в случае необходимости – пополнения этих знаний. Как правило, к моменту дипломного проектирования у студентов уже есть достаточные интеллектуальные возможности для использования и пополнения знаний. Однако самих знаний по узким вопросам, связанным с темой проекта, им хватает не всегда. Вместе с тем без этих знаний проблемная ситуация не может быть принята субъектом как руководство к действию, хотя бы потому, что он не имеет возможности выбрать направление мышления. А без этого субъект не мыслит, что эквивалентно отсутствию постановки перед ним каких-либо проблем. Получается, что проблемная ситуация есть, а проблемы нет.

Для того чтобы проблемная ситуация переросла в проблему, наряду с осознанием технического противоречия студент должен заняться глубоким изучением технической литературы по теме проекта. В ряде случаев такую литературу проектанту предлагает руководитель, однако более правильно выполнять студенту эту работу самостоятельно. Изучение

литературы следует вести по меньшей мере в трех направлениях: чтение книг и журналов, патентной литературы и технической документации, имеющейся в промышленности. Наряду с этим целесообразно ознакомиться с дополнительными материалами, имеющимися в Интернете, и с промышленным опытом, не освещенным в литературе.

Всякая проблема с указанием условий решения, поля ограничения поиска решений превращается в проблемную задачу. При проектировании это выражается в соотношении проблемы с требуемыми техническими характеристиками объекта. Для обеспечения заданных технических характеристик проектируемого объекта одну и ту же проблему можно решать по-разному, в зависимости от уровня оснащенности предприятий, для которых предназначен проектируемый объект, от серийности производства и т. п. Все эти факторы при формулировании проблемной задачи также должны быть приняты во внимание.

Проблемная задача – четкий, количественно сформулированный результат подготовительной работы, которую студент должен выполнить за время преддипломной практики. Решение же этой задачи осуществляется в период выполнения дипломной работы.

В общем случае, в соответствии с существующими взглядами на механизм возникновения творческого озарения, догадки [4; 11], совокупность этапов решения проблемной задачи при выполнении проектной работы можно представить в виде алгоритма, приведенного на рисунке. Однако в каждом конкретном случае, в зависимости от степени сложности задачи, условий проектирования и личностных качеств студентов, практическая реализация этого алгоритма может несколько модифицироваться. Различия обусловлены главным образом многовариантностью методологического наполнения блока поиска нового способа улучшения кортежа характеристик X.

В настоящее время существует довольно много методов отыскания таких способов. Основными из них, перспективными с позиций дипломного проектирования, являются:

- метод эвристической беседы;
- методы мозгового штурма и синектики;
- метод эвристического автодиалога;
- программа АРИЗ.

Эвристическая беседа – это система вопросов и ответов, планируемая преподавателем таким образом, чтобы каждый после-

дующий вопрос вытекал из предыдущих вопросов и ответов и представлял собой маленькие подзадачи на пути к решению основной задачи. При дипломном проектировании этот метод целесообразно применять при индивидуальных консультациях, когда руководитель, беседуя со студентом, подводит его к решению.

В отличие от других видов учебных занятий, когда преподаватель выступает в роли наставника, в данном случае руководитель проекта должен вести беседу со студентом почти «на равных», как с коллегой. Это дает возможность построить беседу как совместные размышления вслух, что иногда приводит к оригинальным, неожиданным решениям. В тех же случаях, когда решения получаются традиционными, новыми только для студента, подобное построение беседы всё равно полезно, поскольку такого рода беседа придает ему уверенность в собственных силах.

Несмотря на существенные достоинства, эвристическая беседа не всегда применима из-за больших затрат времени. Значительно экономичнее с этой точки зрения метод мозгового штурма.

Метод мозгового штурма предложен американским ученым А. Осборном в 40-х гг. прошлого века и состоит в следующем. Подбирается группа людей, которой предлагается задача. В течение 20–30 минут всеми участниками группы высказываются различные идеи по поводу решения задачи. Можно высказывать любые идеи, в том числе и заведомо нереальные, но критика высказываний запрещена. Вместе с тем разрешается подхватывать и развивать выдвинутые идеи.

Если штурм хорошо организован, возникает доброжелательная творческая атмосфера, никто не боится предложить смелую идею, а это открывает путь к новым и перспективным решениям.

При дипломном проектировании метод мозгового штурма удобно применять при групповых консультациях трех-пяти человек. Предлагается задача одного из дипломных проектов, и высказываются идеи ее решения. Если даже темы других проектов далеки от обсуждаемой, это делу не вредит. Идеи субъектов, работающих в разных направлениях, сталкиваются, и это иногда дает интересные комбинации. Кроме того, участники штурма (а они обычно различны по интеллектуальным возможностям) воспринимают некоторые методологические приемы, которые, часто интуитивно, применяются наиболее сильными студентами.

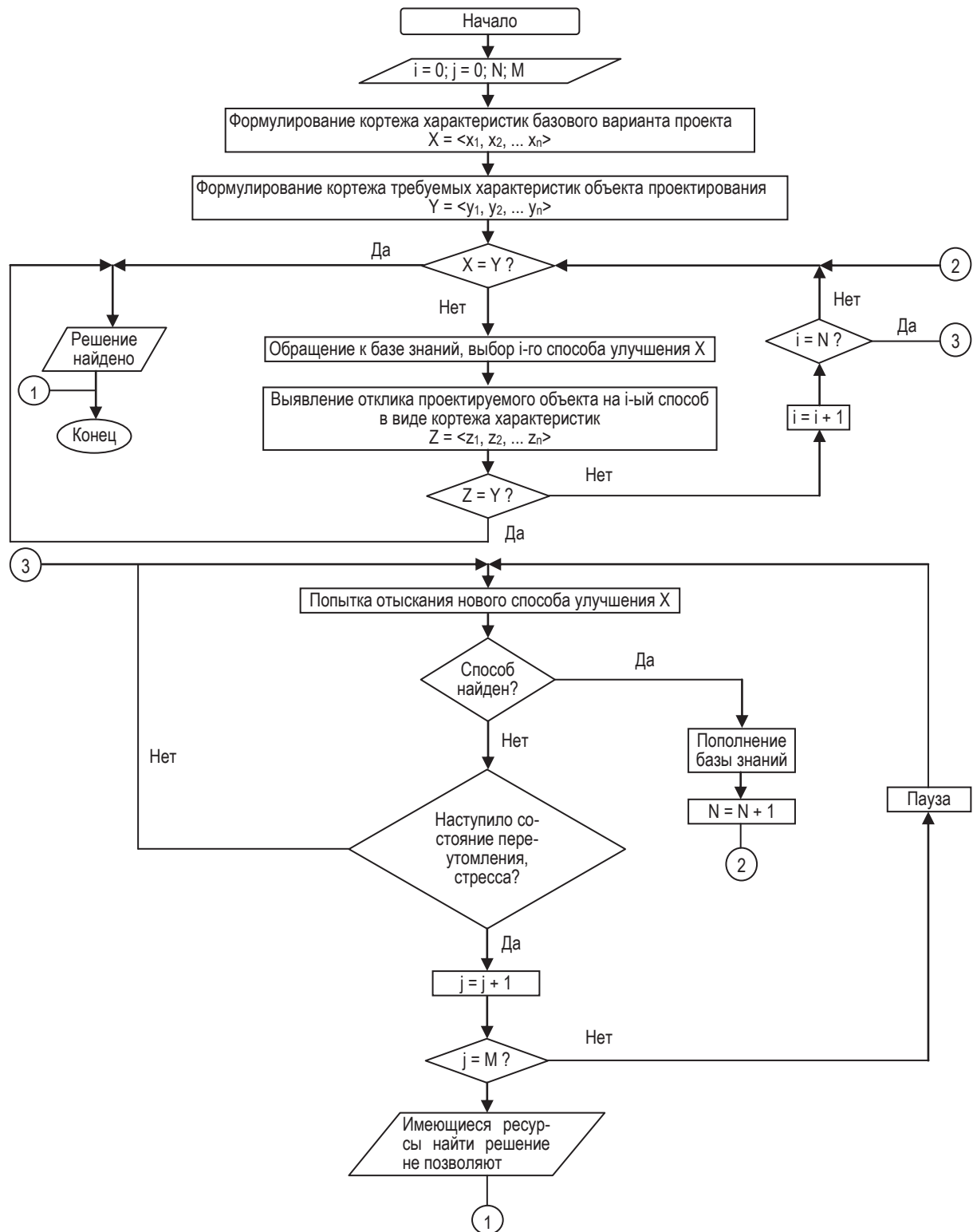


Рисунок. Алгоритм решения проблемной задачи при выполнении проектной работы

При мозговом штурме легче, чем при эвристической беседе, уходить от банальных идей, навязываемых психологической инерцией. Еще легче этого позволяет добиться модифицированный мозговой штурм, называемый синектикой. Синектика предложена в США У. Гордоном около 1960 г. и отличается от обычного штурма тем, что в ней допустимы элементы крити-

ки, а главное, предусмотрено обязательное использование четырех специальных приемов, основанных на аналогии: прямой (как решаются задачи, похожие на данную?), личной (попробуйте войти в образ данного в задаче объекта и попытайтесь рассуждать с этой точки зрения), символической (дайте в двух словах образное определение сути задачи), фантастической (как эту задачу



решали бы сказочные существа). Синектика наиболее эффективна, когда одна и та же группа последовательно решает разные задачи, от штурма к штурму накапливая опыт. Это делает перспективной синектику и при групповых консультациях по дипломному проектированию, когда во время одной консультации отыскиваются пути решения задач одного проекта, во время другой – другого и т. д. Единственное препятствие – необходимость предварительного обучения группы основам синектики.

Мозговой штурм и синектика – развитие эвристической беседы в сторону увеличения числа участников. Эвристический автодиалог (он был предложен в данной работе: [8]) – ее развитие в другом направлении, в направлении сокращения числа участников до одного (решающего задачу). Принципы здесь те же, что и в обычной эвристической беседе, но роль преподавателя берет на себя сам учащийся. Задавая себе вопрос, он находит на него ответ, затем, основываясь на предыдущих вопросах и ответах, задает следующий вопрос и т. д. Всё это напоминает игру в шахматы с самим собой и применимо в случаях, когда студент обладает значительными интеллектуальными возможностями и дисциплиной ума или при особой необходимости. Для слабых студентов такой метод становится пригоден только после специальных тренингов. Для сильных, однако, он и без того является мощным инструментом развития конструкторских способностей.

Важное достоинство эвристического автодиалога – развитие индивидуального творческого мышления, применимого при решении проблемных задач в любых условиях. Аналогичным достоинством, но в значительно большей степени, обладает широко известный в нашей стране метод (программа) АРИЗ, разработанный в 60-х гг. истекшего столетия Г. С. Альтшуллером (писателем-фантастом Г. Альтовым). АРИЗ – алгоритм решения изобретательских задач – представляет собой совокупность приемов, последовательное применение которых сводит сложные задачи к простым, позволяет избежать пробных решений и легко преодолеть психологическую инерцию. Не вдаваясь в подробное описание этих приемов, заслуживающих специального изложения [1], отметим, что все они разработаны на основе тщательного изучения и систематизации часто встречающихся технических противоречий. Такие противоречия были классифицированы и сформулированы в общем виде, что дало возможность каждому из них поставить в соответствие определенный набор приемов, также сформулированных в общем виде. При использовании АРИЗ вна-

чале требуется привести формулировку задачи к достаточно общей форме, а затем, выбрав приемы решения задачи, преобразовать их из обобщенной формы в конкретную, с учетом специфики задачи. Все эти преобразования предполагают определенные навыки и культуру мышления, поэтому для использования АРИЗ необходима специальная подготовка в виде теоретического курса и практических занятий. Проведение специальной подготовки целесообразно для достаточно большой (15–25 человек) группы студентов в течение полутора – двух месяцев. Это делает АРИЗ применимым лишь тогда, когда есть возможность подготовки в период преддипломной практики или еще ранее (например, при изучении курса патентоведения).

Рассмотренные методы решения проблемных задач применяются уже не один год при дипломном проектировании бакалаврами по специальностям «Металлообрабатывающие станки и комплексы» и «Подъемно-транспортные машины и роботы» в Уральском федеральном университете (г. Екатеринбург). Опыт показал, что наиболее эффективно использование двух методов – мозгового штурма и эвристической беседы – в сочетании с отдельными приемами синектики, причем при работе с более сильными студентами предпочтительнее мозговой штурм, а со слабыми – эвристическая беседа. Хотя эти методы и менее эффективны, чем синектика и АРИЗ, тем не менее их применение дает хорошие результаты. Очень хорошие, нередко исследовательские проекты получаются при использовании эвристического автодиалога. Однако область его рационального применения ограничивается в основном подготовкой магистров и, после одного-двух часов обучения, – студентов-заочников.

Приведенные выводы подтверждаются многочисленными статьями, опубликованными нашими студентами по материалам дипломных проектов, полученными патентами (только за последние пять лет их около тридцати) и ежегодными победами (первое – второе места) во Всероссийском конкурсе выпускных квалификационных работ студентов вузов по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». В настоящее время опыт использования описанных методов расширяется за счет применения новых компьютерных технологий. Таковыми являются автоматизированные системы разрешения проблемных ситуаций на основе баз знаний [3], системы формализации и интерпретации смысла текста путем построения семантических сетей [7], различные программы-помощники (см., напр.: [9; 10]) и аналогичные им. Вместе с тем нельзя

не отметить, что подобные технологии полезны скорее в реальной инженерной практике, чем в обучении студентов, поскольку,

применяя ЭВМ, студент, как правило, перекладывает поиск решения задачи на нее, не стараясь сделать это самостоятельно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. М. : Московский рабочий, 1973.
2. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. М. : Советское радио, 1979.
3. Гольдштейн С. Л., Кудрявцев А. Г. Разрешение проблемных ситуаций при поддержке систем, основанных на знаниях. Екатеринбург : УГТУ, 2006.
4. Келлерман П. Ф. Психодрама крупным планом: анализ терапевтических механизмов / пер. с англ. И. А. Лаврентьевой. М. : Класс, 1998.
5. Кудрявцев Т. В. Психология технического мышления (процесс и способы решения технических задач). М. : Педагогика, 1975.
6. Лернер И. Я. Проблемное обучение. М. : знание, 1984.
7. Летовальцев В. И. Алгоритмы формализации и интерпретации смысла текста на основе формальной семантики // Автоматизация и современные технологии. 2013. № 2. С. 38–43.
8. Либерман Я. Л. Проблемное обучение в дипломном проектировании. Свердловск : УПИ, 1984.
9. Либерман Я. Л., Куликова Т. Ю. Программа поиска решения технических задач методами АРИЗ (ARIZ). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012618017 от 6 сент. 2012 г.
10. Либерман Я. Л., Куликова Т. Ю. Программа формирования рабочей группы для решения творческих задач (Ggruppa). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012618016 от 6 сент. 2012 г.
11. Пономарев Я. А. Психология творчества. М. : Наука, 1976.

Статью рекомендует д-р психол. наук, проф. С. А. Минюрова.