

УДК 378.147:159.955  
DOI 10.5281/zenodo.14754990

## **Беляков А.Ю.**

*Беляков Андрей Юрьевич*, кандидат технических наук, доцент, Пермский государственный аграрно-технологический университет, Россия, 614000, Пермь, ул. 25 Октября, 10. E-mail: belyakov.au@ya.ru.

## **Педагогические подходы к формированию метакогнитивных навыков начинающих программистов**

*Аннотация.* В статье рассматривается вопрос развития метакогнитивных навыков у начинающих программистов. Выявлена проблема недостаточности акцентуации педагогических методик на формировании метакогниций в рамках обучения в вузе. Выделены наиболее значимые метакогнитивные навыки программиста, развитие которых может быть организовано в рамках аудиторных занятий. Представлен список апробированных педагогических приёмов, способствующих формированию метакогнитивных навыков начинающих программистов. Обозначена проблема мониторинга формирования метакогнитивных навыков, состоящая в недостоверности проведения индивидуумом контролируемой и результативной интроспекции индивидуальных метакогниций и ментальных состояний.

*Ключевые слова:* метакогнитивные навыки, интроспекция, схема внимания, методики преподавания, рефлексия.

## **Belyakov A.Yu.**

*Belyakov Andrey Yuryevich*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Perm State Agrarian and Technological University, Russia, 614000, Perm, October 25, 10. E-mail: belyakov.au@ya.ru.

## **Pedagogical approaches to the formation of metacognitive skills of novice programmers**

*Abstract.* The article discusses the development of metacognitive skills among novice programmers. The problem of insufficient emphasis of pedagogical techniques on the formation of metacognitions in the framework of university education is revealed. The most significant metacognitive skills of a programmer are highlighted, the development of which can be organized within the framework of classroom classes. The list of proven pedagogical techniques contributing to the formation of metacognitive skills of novice programmers is presented. The problem of monitoring the formation of metacognitive skills is identified, which consists in the unreliability of an individual conducting controlled and effective introspection of individual metacognitions and mental states.

*Key words:* metacognitive skills, introspection, attention pattern, teaching methods, reflection.

Процесс подготовки программистов в вузе по соответствующим специальностям в настоящее время обусловлен двумя противоречивыми обстоятельствами. С одной стороны, постоянно расширяется спектр решаемых компьютерами задач и необходимых для этого технологий, фреймворков и программных библиотек классов. С другой, резко возросло количество источников информации, из которых можно получать современные сведения о развитии языков и технологий программирования, включая и большие генеративные лингвистические модели [4, с. 1130; 5, с. 239]. Недавние достижения в области методов генерирующего искусственного интеллекта значительно повлияли на разработку программного обеспечения, поскольку подходы, основанные на больших генеративных моделях, позволяют решать типичные задачи разработчиков [6, с. 17]. В рамках учебного процесса особенно полезными могут быть функции синтеза кода на основе кратких текстовых запросов, поиск и исправление ошибок или предоставление кратких описаний существующих программ на естественном языке или подробных объяснений смысла переменных, логики работы функций и существа шагов работы алгоритма.

Попытка «догнать» вал технологических возможностей, представленных в предметном поле современного программирования, приводит к поверхностному освоению фундаментального материала практически на всех этапах прохождения программы обучения в вузе, начиная от формальной логики и способов кодирования информации и заканчивая асинхронным программированием и архитектурными паттернами проектирования. В реальной практике выпускник вуза, оказавшись на рабочем месте разработчика, может столкнуться с дефицитом компетенций. Нехватка опыта работы с базовыми концепциями задаёт «потолок» понимания сущности программного кода на высоком уровне абстракции.

С точки зрения педагога возникает организационная проблема, состоящая в

оптимальном выборе последовательности тем и учебного материала для наполнения учебной дисциплины и распределения нагрузки на студента между аудиторным и самостоятельным изучением. В условиях перманентного развития информационных технологий и средств разработки программного перенос части учебного материала на самостоятельную работу студента, является не просто необходимым, а скорее обязательным в рамках подготовки специалиста к автономному совершенствованию профессионализма на протяжении жизни.

Однако, педагогический опыт подготовки обучающихся в вузе показывает, что часть студентов не может перейти некий когнитивный порог в рамках развития «hard skills», после которого они обретают самостоятельность в смысле организации освоения предметного поля программирования. Можно сделать осторожное предположение, что именно недостаточность сформированности метакогнитивных навыков не позволяет им перейти от систематизированного и управляемого преподавателем способа потребления знаний и умений к независимому и самостоятельно организованному подходу развития, с учетом личностных когнитивных особенностей.

В течение организованного в вузе процесса обучения программированию студент знакомится со значительным количеством текстов программ – полностью законченных или только частично написанных, с ошибками и без, коротких и объёмных, простых и сложных. Кроме того, значительная часть времени отводится на самостоятельное проектирование и разработку своего кода. Следовательно, по характеру когнитивной включенности обучающегося в работу с текстом можно различать два вида взаимодействия: репродуктивное и продуктивное. Репродуктивное мышление реализуется в процессе освоения материала через лекции, учебники, социальные сети, а продуктивное – в рамках написания своих программ и рефакторинга кода.

По мере взаимодействия обучающегося с текстами различных программ он накапливает обширный опыт, касающийся таких аспектов программирования, как корректность применения синтаксиса, структурированность текста программы, зависимость от используемых структур данных, особенности применения алгоритмов, зависимость от контекста окружения. Можно сказать, что программист формирует свою модель предметной области программирования, позволяющую ему по частичной информации, приходящей от визуальных абстрактных символических стимулов, предсказывать поведение программы при изменении входных данных, исключительные ситуации, асимптотики сложности реализации и возможные места ошибок в коде.

Образовательные подходы обучения программистов, как правило, ограничиваются обсуждением сущности изучаемых технологий и особенностей алгоритмических решений. Предполагается, что обучающийся каким-то образом сам упорядочивает свой мыслительный процесс по поводу организации процесса чтения и понимания кода программы. Наш взгляд процесс подготовки будущих программистов нуждается в расширении методики преподавания в направлении развития у обучающихся метакогнитивных навыков организации, регулирования и оценки индивидуальных когнитивных способов работы с кодом.

Обозначим особенности предметного поля современного программирования, которые могут определить требования к умениям и навыкам обучающихся. Прежде всего, начинающий программист встречается с довольно жёсткой регламентацией организационной структуры программных текстов и с формализованным искусственным языком программирования. Синтаксис языка программирования и семантика используемых методов не всегда интуитивно понятны и могут опираться на сложившиеся традиции. Количество абстрактных сущностей, которыми оперирует программа, даже в

пределах одного экрана используемой среды разработки может исчисляться десятками. Удержать в поле внимания логику взаимодействия объектов алгоритма, без определённой практики, не представляется возможным.

Обучающиеся начального уровня, как правило, не способны контролировать своё внимание и выполнять организованный разбор программных реализаций сложных алгоритмов. Мы полагаем, что дело не в недостаточном общем интеллектуальном уровне, а в неготовности работать с распределёнными сущностями, такими как современные компьютерные программы.

Более того, можно выделить несколько таких рубежей когнитивной сложности для программистов на различных этапах профессионального роста: переход от естественного языка к программированию структурными операторами, развитие от структурированного кода к делению программы на функции, переход от отдельных функций к инкапсуляции в объекты и классы, переход от объектно-ориентированного программирования к функциональной парадигме, дальнейший переход к асинхронному и многопоточному программированию, написание программ в формате распределённой системы по различным архитектурным паттернам. На каждом из этапов программист вынужден заметным образом перестраивать свои способы работы с программным кодом.

Обозначенные сложности обучения частично могут быть преодолены подбором методик преподавания комплементарных компетентностной парадигме образования. К методикам, потенциально способным обеспечить формирование индикаторов достижения компетенций, можно отнести: метод проектов, проблемно-ситуационный анализ, дискуссионные лекции, модульное обучение, обучение в сотрудничестве [2, с. 15]. Следует отметить, что указанные педагогические подходы не акцентируют своё внимание на формировании метакогниций, связан-

ных с самоорганизацией научения. В большей части они активизируют продуктивную деятельность и вовлеченность в процесс разработки, что обуславливает большее разнообразие решаемых лично студентом вопросов и, на этом фоне, большую включенность в освоение навыков и умений программирования.

Включённое наблюдение за процессами работы с программным кодом студентов начального уровня показывает, что, как правило, обучающиеся не имеют установленной схемы внимания, не используют ментальные стратегии чтения, декомпозиции и понимания сложного программного кода, не готовы оценивать адекватно предполагаемые затраты времени на работу с программой, не оценивают свою работу с кодом и тот вклад, который потенциально они получают, преодолевая те или иные сложности программирования, не концентрируются на своих навыках, которые требуют дополнительного развития.

На наш взгляд, планомерное развитие метакогнитивных навыков программиста, организованное преподавателем уже на начальном этапе обучения, может нивелировать проблему организации учебного процесса, выражающуюся в невозможности полноценного охвата в рамках обучения в вузе множества современных технологий разработки программного обеспечения. Определим метакогнитивные навыки программиста как совокупность ментальных способностей индивидуума, обеспечивающих произвольную и непровольную регуляцию процесса интеллектуальной работы с текстом программного кода, с учётом контроля над состоянием индивидуальных интеллектуальных ресурсов и психических состояний. Уточним, что процесс работы с программным кодом подразумевает управляемое выполнение операций чтения, понимания, поиска ошибок, внесения изменений, выполнения рефакторинга, подключения зависимостей и создания текста программы на заданном языке программирования с учётом формализован-

ных требований к оформлению текста программы.

Исследования показывают, что пространство метакогнитивных навыков можно редуцировать к трем интегральным факторам: регуляция, рефлексия и мониторинг [1, с. 83]. Опираясь на данное положение, выделим наиболее значимые частные метакогнитивные навыки программиста, развитие которых вполне доступно в рамках традиционно организованных аудиторных занятий:

- управление вниманием, формирование схем внимания и удержание контроля за точками схемы внимания во время анализа программной реализации;

- активная работа с декларативной и процедурной памятью, понимание разделения программной реализации на две категории сущностей – объекты и способы работы с объектами, нахождение аналогий и ассоциативное связывание;

- привычка агрегировать семантику алгоритмов, приводящая к сворачиванию ментальных репрезентаций алгоритмов и их программных эквивалентов в обобщённые ментальные сущности;

- способность давать адекватную оценку собственным навыкам и знаниям, определять свои когнитивные особенности и учитывать их в работе с кодом;

- организованное целеполагание в форме определения краткосрочных и долгосрочных целей в обучении и работе, а также выбор или смена стратегии их достижения;

- адаптивность, выражающаяся в готовности изменять когнитивные подходы и стратегии работы с кодом в зависимости от применяемой технологии или изменяющихся условий проектирования;

- регулярная рефлексия по поводу анализа выполненных проектов с целью выявления и учёта своих сильных сторон и акцентуации на развитии слабых;

- критическое мышление в форме активного подхода к применению когнитивных навыков для верификации сформированных ранее шаблонов мышления.

В ходе проведения занятий по дисциплинам «Алгоритмизация и программирование» и «Программная инженерия» со студентами факультета экономики и информационных технологий Пермского государственного аграрно-технологического университета были апробированы и отобраны следующие педагогические приёмы, которые могут способствовать формированию метакогниций:

– диагностическая беседа как способ оценивания уровня подготовки студента и вовлечения студента в самоанализ;

– обучение в парах, естественным образом создающее условия сопоставления студентом своих умений и навыков с другим обучающимся с целью достижения общего успеха;

– моделирование метакогнитивных стратегий как приём, в рамках которого преподаватель демонстрирует собственные подходы к формированию схем внимания, агрегированию программных сущностей и обсуждает другие элементам ментальной деятельности;

– ведение студентом карты знаний и навыков по изучаемой дисциплине с анализом достигаемых успехов и планированием следующих этапов учения;

– составление студентом концепту-

альных карт предметного поля изучаемой дисциплины с проведением категоризации, составлением ассоциативных связей, агрегированием программных сущностей, приводящее к формированию устойчивых ментальных репрезентаций понятийных структур.

Некоторую сложность в реализации подобного рода педагогических приёмов может создать неготовность индивидуума проводить контролируемую и результативную интроспекцию индивидуальных метакогниций и ментальных состояний [3, с. 212]. Развитие способностей к интроспекции нами рассматривается как самостоятельная и отдельная педагогическая и философская задача.

В качестве вывода отметим, что основная цель акцентуации педагогических технологий на формировании метакогнитивных навыков программиста состоит не столько в достижении текущего тактического успеха в подготовке, сколько в стратегических результатах, которые могут выражаться в становлении профессиональной компетентности, сбалансированности развития специалиста, готовности программиста более эффективно учиться и адаптироваться к новым технологиям в течение профессиональной деятельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альмурзаева П.Х. Инновационные стратегии формирования метакогнитивных навыков у студентов в условиях цифровой трансформации высшего образования / П.Х. Альмурзаева, З.А. Алтамирова // Управление образованием: теория и практика. 2024. № 7-1. С. 80-88.
2. Беляков А.Ю. Проблемы формирования профессиональных компетенций у обучающихся программированию в вузе // Наука сегодня: гуманитарные и естественные науки: материалы II международной научно-практической конференции, Самара, 28 февраля 2024 года. Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Центр профессионального менеджмента "Академия Бизнеса", 2024. С. 10-16.
3. Беседин А.П. Интроспекция: современные подходы и проблемы / А.П. Беседин, Д.Б. Волков, А.В. Кузнецов [и др.] // Эпистемология и философия науки. 2021. Т. 58. № 2. С. 195-215.
4. Карлов И.А. Использование генеративного искусственного интеллекта в изучении процессов цифровизации образования: Трансформация исследовательских практик // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: Материалы VII Международной научной конференции, Красноярск, 19-22 сентября 2023 года. Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2023. С. 1056-1059.

5. Онайбаев Ж.К. Использование инструмента искусственного интеллекта Copilot / Ж.К. Онайбаев, Н.А. Горбунова, Е.А. Спирина // Передовые технологии и материалы будущего: Сборник статей IV Международной научно-технической конференции. Минск, 09 декабря 2021 года. Т. 1. Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2021. С. 239-241.
6. Is ChatGPT the Ultimate Programming Assistant. How far is it? / H. Tian [et al.]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2304.11938> (дата обращения: 11.01.2025).

#### REFERENCES (TRANSLITERATED)

1. Al'murzaeva P.H. Innovacionnye strategii formirovanija metakognitivnyh navykov u studentov v uslovijah cifrovoj transformacii vysshego obrazovanija / P.H. Al'murzaeva, Z.A. Altamirova // Upravlenie obrazovaniem: teorija i praktika. 2024. № 7-1. S. 80-88.
2. Beljakov A.Ju. Problemy formirovanija professional'nyh kompetencij u obuchajushhihsja programmirovaniju v vuze // Nauka segodnja: gumanitarnye i estestvennye nauki: materialy II mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Samara, 28 fevralja 2024 goda. Saratov: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Centr professional'nogo menedzhmenta "Akademija Biznesa", 2024. S. 10-16.
3. Besedin A.P. Introspekcija: sovremennye podhody i problemy / A.P. Besedin, D.B. Volkov, A.V. Kuznecov [i dr.] // Jepistemologija i filosofija nauki. 2021. T. 58. № 2. S. 195-215.
4. Karlov I.A. Ispol'zovanie generativnogo iskusstvennogo intellekta v izuchenii processov cifrovizacii obrazovanija: Transformacija issledovatel'skih praktik // Informatizacija obrazovanija i metodika jelektronnogo obuchenija: cifrovye tehnologii v obrazovanii: Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Krasnojarsk, 19-22 sentjabrja 2023 goda. Krasnojarsk: Krasnojarskij gosudarstvennyj pedagogicheskij univer-sitet im. V.P. Astaf'eva, 2023. S. 1056-1059.
5. Onajbaev Zh.K. Ispol'zovanie instrumenta iskusstvennogo intellekta Copilot / Zh.K. Onajbaev, N.A. Gorbunova, E.A. Spirina // Peredovye tehnologii i materialy budushhego: Sbornik statej IV Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Minsk, 09 dekabrja 2021 goda. T. 1. Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet, 2021. S. 239-241.
6. Is ChatGPT the Ultimate Programming Assistant. How far is it? / H. Tian [et al.]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2304.11938> (data obrashhenija: 11.01.2025).