

АСПЕКТЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ЦИФРОВИЗАЦИИКанд. техн. наук **Грушников В.А.**

(Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук. ВИНТИ РАН)

ASPECTS OF AUTOMOTIVE DIGITALIZATIONPh.D. (Tech.) **Grushnikov V.A.**

(All-Russian Institute of Scientific and Technical Information. VINITI of RAS)

*Автомобили, искусственный интеллект, проектирование, испытания, цифровизация.**Cars, artificial intelligence, design, testing, digitalization.*

Достижение конструктивно-технологической оптимизации современных конкурентоспособных на насыщенном потребительском рынке пользующихся спросом автомобилей не мыслится без реализации возможностей интеллектуальных цифровых информационных технологий. Они наглядно демонстрируются примерами зарубежных проектировщиков и автопроизводителей.

Achievement of constructive and technological optimization of modern cars that are in demand in the saturated consumer market is no longer conceivable without the realization of the capabilities of intelligent digital information technologies. They are clearly demonstrated by vivid examples of foreign designers and car manufacturers.

Современные информационные цифровые технологии успешно применяются на всех этапах жизненного цикла - от разработки инновационных концепций и проектирования новых моделей колесных транспортных средств (КТС) до их конечной утилизации. Наибольший эффект от их реализации может проявиться только в сочетании убежденности в полезности и безопасности потребителя/пользователя, подтвержденной результатами исследований и испытаний.

В большей степени достоверными они становятся при дополнении данных объективных замеров показателей безопасности движения транспортных средств как высококвалифицированными экспертами-испытателями, так и рядовыми пользователями КТС. Исследования немецких специалистов в области прикладной психологии [1] показали, что люди склонны рассматривать неэффективные альтернативы для поведения, нарушающего нормы, но не для поведения, соответствующего общепринятым нормам. В случае автономного КТС, например, люди могут не учитывать контрфактические или маловероятные результаты даже при полном выполнении ими всех правил дорожного движения (т.е., когда оно по умолчанию остается на своей полосе движения). Однако могут активировать контрфактические возможности, когда автомобиль-беспилотник нарушает их (т.е., когда он совершает маневры обгона и перестановки).

По результатам этих исследований получены обоснованные утверждения о том, что сценарии решения дилеммы, используемые для изучения моральных суждений о поведении автономного КТС должны отражать реальные условия их эксплуатации на автомобильных дорогах общего пользования. Это важно для обеспечения соответствия между ситуациями, которые используются для изучения того, что является приемлемым для общественности, и характеристиками фактического решения проблемы.

Установлено, что люди реагируют по-разному в зависимости от степени риска и неопределенности, присутствующей ситуации, в особенности с потенциальным столкновением в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП), и что их предпочтения в отношении различных типов правил принятия решений соответственно меняются. Первым ключевым выводом исследований является общее предпочтение пребывания на полосе движения. Этот результат подтверждает идею о том, что люди считают вариант остановки разумным по умолчанию в критических дорожных ситуациях, даже если он не сводит к минимуму ожидаемые потери.

В рамках этики, в соответствии с которой людям следует выбирать действия исходя из ожидаемых последствий этих действий, нравственно правильный акт - это тот, который максимизирует некоторый критерий социальной полезности, где критерий полезности часто применяется непосредственно к одному действию (например, ожидаемое количество людей, спасенных при каждом действии). Кроме того, правильность действия вытекает не из его последствий в одном случае, а из того, максимизирует ли действие полезность в классе ситуаций, регулируемых правилами. Эти правила предполагаются достаточно общими и представляют общепринятые морально-этические ценности.

Индивидуальное действие может быть морально правильным, даже если оно не оптимально в конкретной ситуации, при условии, что оно соответствует правилу, которое максимизирует социальное благосостояние, если им следуют все. Более того, простое правило по умолчанию часто приводит к лучшим результатам, поскольку требует меньше информации и обеспечивает более высокую степень контроля. В этом и других рассматриваемых здесь исследованиях правила дорожного движения устанавливаются значения по умолчанию, которые могут служить соответствующими правилами в моральной оценке действий. Когда дети учатся ориентироваться в дорожном движении, их учат пользоваться

тротуаром, чтобы оставаться в безопасности, исходя из того что КТС должны оставаться на дороге. Когда водители КТС с ручным управлением реагируют на внезапные препятствия на проезжей части автомобильной дороги и/или на улице, их учат оставаться на своей полосе движения и тормозить для сохранения безопасной дистанции в транспортном потоке. Это – первый ключевой вывод.

Второй вывод заключается в том, что принятие по умолчанию традиционных правил поведения с движением в своей полосе и при необходимости торможением оказалось более устойчивым по конечному эффекту, в особенности при столкновениях в ДТП, чем маневрирование. Причем установлено, что категоричность моральных оценок сильнее при отклонении целевого поведения от нормы.

Эти результаты подчеркивают важность исследования моральных суждений и принятия решений в ситуациях, когда последствия известны только вероятностно или точно не определены количественно. Случай с автономными КТС предоставляет собой интересную область исследования, потому что связывает теоретические рассуждения о соответствующих этических стандартах с прикладными исследованиями принятия решений. В последнее время возник интерес к психологии морального суждения в различных областях, включая экономику, когнитивные науки и науку принятия решений, нейробиологию и экспериментальную философию.

Например, в исследовании [2] немецких и китайских специалистов в области прикладной психологии и системотехники рассматривается небесспорный и широко дискутируемый подход по эффективному использованию регистрируемых сигналов по моделированию решений о возможности и правомочности прощения за допущенные ошибки, требующие оперативного исправления. Как и многие другие эволюционно повторяющиеся решения, оно принимается в условиях неопределенности и требует компромисса затрат и выгод. Это решение может быть концептуализировано как задача по обнаружению сигнала или управлению ошибками. Прощение является адаптивным, если отношения с «виновником» будут улучшать приспособленность, а не адаптивным, если отношения будут снижать приспособленность, и решение должно быть смещено в сторону уменьшения вероятности более дорогостоящей ошибки, которая в зависимости от контекста может быть ошибочно не прощена или прощена.

На основе такой концепции разработаны две когнитивные модели, оцененные на адекватность описания решений участников дорожного движения о допустимости рассматриваемого прощения в гипотетических сценариях и точность прогнозирования этих решений в воспроизводимых реальных инцидентах на автомобильных дорогах общего пользования. Установлено, что обе модели работают аналогично и в целом хорошо – около 80% адекватности в описании и 70% – в прогнозе. Этот подход к моделированию позволил оценить смещение решения каждого участника: обнаружено, что отклонения в целом соответствовали предписаниям теории обнаружения сигналов и были направлены на уменьшение более дорогостоящей ошибки.

В дополнение к тестированию механистических моделей решения о прощении, проанализирована эффективность инновационного экспериментального метода

гипотетических и реальных решений в совокупности реализации. Эти модели и экспериментальные методы могут быть использованы для изучения других эволюционно повторяющихся проблем, продвигая понимание того, как они решаются человеческим разумом и могут быть использованы искусственным интеллектом.

Остающийся нерешенным ключевой вопрос взаимодействия автономных и управляемых КТС в общих транспортных потоках на автомобильных дорогах общего пользования и их ответственности в ДТП может эффективно оцениваться в рамках верификации правильности поведения на основе разных критериев. Например, репутационный критерий на платформе MTurk с уровнем достоверности 95% имеет более высокое качество данных, чем традиционные опросы по проверке внимания. Хотя онлайн-исследования, как правило, имеют более разнообразные образцы, чем стандартные лабораторные исследования (например, с точки зрения возраста, этнической принадлежности и образования), они часто не являются репрезентативными. В конечном счете, если поведенческие исследования должны направлять процесс формирования транспортной политики, следует проводить полезные и результативные репрезентативные исследования.

Другой эффективной стратегией достижения более высокой адекватности и достоверности результатов является использование крупномасштабных краудсорсинговых платформ, таких как веб-сайт MoralMachines [3], которые позволяют собирать данные по широкому спектру сценариев и потенциально разнообразному набору пользователей. Это также может способствовать публичным дебатам, поскольку позволяет пользователям разрабатывать свои собственные сценарии и обсуждать идеи и суждения с другими людьми. Было бы просто изменить существующие сценарии (которые обычно представляют все последствия решения как определенные) с различной степенью и типами неопределенности, чтобы добиться внешней обоснованности не только в отношении выборочной совокупности, но также и обстоятельств, при которых автономные КТС должны работать в реальном мире.

Эти рассуждения хорошо согласуются с выводами исследования мобильности [4], которые показывают, что факторы пользователя (например, возраст и пол) значительно влияют на восприятие риска и принятие решений. В нем проанализирована и оценена готовность использовать мужчинами и женщинами автоматизированные КТС. По результатам статистической обработки в Германии выборки анонимного анкетного опроса 1603 его участников разного пола, возраста и образования, сформулированы доказательства того, что аффективные (боязнь или принятие) реакции на автономные КТС во многом определяются гендерными различиями. Кроме того, установлено, что эти эмоциональные заключения варьируются в зависимости от возраста респондента. Вариация диапазона мнений от боязни до приемлемости более широкая у людей младшего возраста и сужается с повышением возраста, а тревога больше свойственна женщинам.

Продуктивным в этом плане оказывается анализ восприятия риска автономного вождения. Наиболее ярко потенциальные риски новых технологий вождения выявляются при комплексном рассмотрении всех аспектов эксплуатации этих эффективных, комфортных, но пока еще не совсем безопасных роботизированных средств

передвижения. Для исследования восприятия рисков столкновений КТС, управляемых человеком и автономных, использована [5] двухэтапная эмпирическая процедура с последовательным выявлением факторов риска, анкетированием. В ней приняли участие 516 немецких водителей автомобилей, оценивших комплексную эффективность обычной, смешанной и полностью беспилотной технологий управления КТС по методу семантического дифференциала (шкала оценки для определения коннотативного значения технологий).

Значительно меньшим для обычной технологии управления КТС по сравнению с технологиями смешанного и автономного управления оказалось восприятие риска. Это объясняется неполным использованием преимуществ и возможностей инновационных технологических достижений, которые несут в себе интеллектуальные транспортные системы и интеллектуальная инфраструктура. Их интеграция в комплексных технологиях обеспечит их реализацию. По прогнозу Федерального министерства транспорта и цифровой инфраструктуры Германии, в ближайшей перспективе подвижным составом личного автомобильного транспорта будет совершаться до 991 млрд. пасс.-км/г., а по данным Федерального статистического управления Германии, почти 88% столкновений в ДТП вызваны ошибками человеческого фактора. Это явно свидетельствует о необходимости скорейшей реализации преимуществ автономного вождения, исключающего когнитивные погрешности восприятия дорожно-транспортной ситуации. Что подтверждается снижением количества и потенциала столкновений в ДТП с использованием электронных систем поддержки водителей КТС такими системами активной безопасности, как электронный контроль устойчивости и динамической стабилизации, адаптивный круиз-контроль, принудительное превентивное автоматическое торможение и/или их комбинация.

Восприятие риска является фундаментальным механизмом, который большинство людей использует для оценки потенциального риска деятельности или технологии и для обоснования опасений или игнорирования таких рисков, или адаптации к риску. Процесс восприятия риска не обязательно связан с одной конкретной технологией, но применяется к различным (крупномасштабным) технологиям, которые непосредственно влияют на жизнь общества и людей, например, к технологиям энергетической инфраструктуры. Характерно, что эти различные области применения вызывают восприятие риска, которое может содержать сходные модели с точки зрения личных или общественных опасностей и рисков для здоровья, окружающей среды и экономики. Тем не менее, степень распространения отдельных проблем может отличаться в зависимости от технологии. Люди сравнивают высокие риски с низкими выгодами, сравнивая их с негативными последствиями. Кроме того, они ранжируют риски не только от своего познания и знания продукта или технологии. На них также влияют характеристики риска, о которых они не обязательно знают, но действуют как скрытые движущие силы в пользу или против конкретной технологии. Это приводит к выводу, что восприятие рисков и выгод влияет на принятие технологий, что недавно было подтверждено рядом исследований.

На восприятие риска влияют различные факторы, такие как, чувство контроля, ассоциации с источником риска, задержка последствий, катастрофический потен-

циал, а также личный опыт и знания (знакомство). Более того, психологическая дистанция (близость к себе), а также абстрактность или конкретность решений о риске могут влиять на восприятие риска. Принятие пользователями автономного вождения также может зависеть от рассматриваемых факторов. Использование беспилотных КТС с автономным управлением означает отказ от контроля над ним со стороны человека, чего люди боятся. Они также обеспокоены аспектами безопасности, такими как сбои системы или хакерские атаки.

По результатам опроса 325 жителей США установлено, что при низком уровне негативного отношения к компьютерным и роботизированным технологиям, уровень недоверия к автономным КТС продолжает оставаться высоким. На вероятность широкого использования автономного беспилотного такси и индивидуально-го КТС для туристических путешествий отрицательно влияет восприятие того, что технология дегуманизирует, и положительно - ожидание ее повышенной надежности, функциональности и полезности использования.

В отзывах респондентов эмпирического исследования присутствовали самые разные оценки ощущений от поездки в беспилотном КТС, управляемым искусственным интеллектом. В качестве эмоциональных определений потенциальных барьеров на пути массовой реализации автономных транспортных технологий являлся риск и страх. Это наглядно демонстрирует недоверие к ним и беспокойство, вызванное отсутствием знаний о том, как вести себя в автономных КТС и как они функционируют в интенсивных и плотных транспортных потоках. Интересно, что когнитивная система координат участников эмпирического исследования выявила три категории технологий перемещения КТС в транспортных потоках. Это - обычная технология с ручным управлением независимых единиц подвижного состава, технология, связанная с обменом информацией между КТС и средствами инфраструктуры и автономная - в варианте движения беспилотных КТС в локальных интеллектуальных транспортных сетях.



Рис. 1. Автомобили, в том числе беспилотные, на инфраструктурной обустроенной дорожно-транспортной сети

При оснащении интеллектуальной транспортной системы современными средствами цифровых информационных технологий она становится оптимальной для максимальной реализации возможностей автономных КТС. Такая коммуникация КТС между собой и с дорожно-транспортной инфраструктурой, в современных зарубежных технических экспликациях обозначаемая как V2X (Vehicle-to-X), технологично реализует взаимодействие КТС с различными партнерами по связи (X), чтобы сделать движение более безопасным и эффективным. V2X-технология использует (рис. 1) об-

мен данными и информацией через беспроводное соединение. КТС могут общаться с другими участниками дорожного движения (например, с другими КТС и пешеходами) или обмениваться информацией с местной инфраструктурой (например, светофорами, техническими средствами, парковками). Это позволяет реализовать различные возможности применения: оптимизацию движения посредством регулируемых фаз светофора, раннее предупреждение об опасных точках или помощь в поиске свободных парковочных мест.

При всеобщем стремлении исследователей и разработчиков сделать широкодоступными практические реализации автономных технологий управления КТС возможностями искусственного интеллекта, они продолжают вызывать опасения, а то и боязнь, препятствующие массовому распространению даже при потенциальном урегулировании их юридического статуса ответственности, которого до сих пор еще нет. Углубленные исследования этой комплексной научно-технической, технологической и законодательной проблемы показали, что восемь самых распространенных явных и/или скрытых утверждений ставят под сомнение преимущества автономных технологий управления беспилотниками.

Эти утверждения основаны на психометрическом анализе респондентов с использованием шестибальной шкалы суммарных оценок Ликерта, часто применяемых в анкетных исследованиях по оценке степени согласия или несогласия испытуемого с диапазоном суждений от негативного до позитивного, с тонкой градацией нюансов мнений по отношению к обсуждаемому явлению и/или процессу. В итоге суммирования баллов в диапазоне от нуля (категорическое несогласие) до пяти (полное согласие) делается вывод о неприятии или приятии рассматриваемого явления и/или процесса. Шкала Ликерта обладает повышенной достоверностью и точностью при значениях коэффициента альфа Кронбаха, характеризующего внутреннюю согласованность параметров компонентов систем: $\alpha = 0,93$ - для связного и $\alpha = 0,94$ - для автономного сценария управления КТС.

Кроме того, на приятие или неприятие автономных КТС оказывает влияние предпочтения испытуемых в моральных суждениях в условиях риска и неопределенности. Автономные автомобили обещают сделать движение безопаснее, но их социальная интеграция создает этические проблемы. Немецкие специалисты провели два эмпирических исследования в области прикладных транспортных технологий с 1638 участниками [6]. Они постарались выяснить, какое поведение беспилотников приемлемо с моральной точки зрения в критических дорожных ситуациях, когда последствия известны только вероятностно (ситуация риска) или даже неизвестны (ситуация неопределенности), и как люди ретроспективно оценивают поведение роботизированного КТС в ситуациях, в которых пострадал водитель пилотируемого автомобиля или пешеход. Установлено, что предпочтения и моральные суждения субъектов значительно варьировались при определенных вероятностях в условиях риска, но в меньшей степени в условиях неопределенности. Результаты показывают, что пребывание в полосе и выполнение аварийной остановки считается разумным по умолчанию, даже если это действие не сводит к минимуму ожидаемые потери. Ретроспективные оценки испытуемых дей-

ствий по умолчанию также были более устойчивыми к нежелательному результату и ретроспективному воздействию, чем альтернативный маневр отклонения. Полученные данные подчеркивают важность исследования моральных суждений в условиях риска и неопределенности для разработки политики, приемлемой для общества даже в критических условиях.

Этот вывод подтверждается результатами предыдущих исследований по анализу опыта работы с ассистент-системами КТС автоматического регулирования скорости и превентивного торможения со вторым уровнем автоматизации по стандарту SAE J 3016, широко доступным на массовом автомобильном рынке.

Эти и другие исследования и разработки обеспечивают знания об эффективности автоматизированных технологий на автомобильном транспорте, реализуемом автономными КТС, управляемыми искусственным интеллектом, которые в перспективе могут стать безальтернативными. Но сама цифровизация с этого только начинается. И она оказывается весьма эффективной при исследованиях и доводке конструкции КТС, в том числе на стенде с соответствующими возможностями адекватной и адаптивной реализации комплексной динамики автомобиля в лабораторных условиях. Это подтверждается, например, результатами достоверной (при адекватности реальным условиям эксплуатации) оценки комплексной динамики автомобиля на испытательном стенде с имитацией скоростных режимов движения от 0 до 220 км/ч, с продольными ускорениями/замедлениями около 2 g, их частотными колебаниями до 15 Гц и нагрузками на каждое колесо до 15 кН [7].

Это показывает, что процесс виртуальной разработки не заменяет классический, но продолжает дополнять и сопровождать его. Надежные виртуальные методы и все более тесная интеграция моделирования и испытаний в реальных условиях имеют решающее значение при растущей сложности современных КТС для сокращения циклов разработки и расширения использования испытательных стендов.

Во многом благодаря эффективному использованию возможностей цифровых технологий успешно решаются задачи не только ускоренного и менее затратного проектирования, испытаний и доводки КТС, но и массового, крупносерийного и даже мелкосерийного и единичного конвейерного изготовления автомобилей. Они позволяют реализовывать многовариантную концептуальную платформу сборки как массовых КТС бюджетного и среднего классов, так и автомобилей высшего класса люкс. Благодаря технологическим преимуществам такой организации производства на одном заводском конвейере производят ежедневную сборку около 30 кузовов легковых автомобилей Rolls-Royce модели Phantom, Cullian и Ghost. Такая сборка позволяет на 30% снизить затраты на изготовление этих 2,5-метровых, 6-тонных автомобилей с колесной базой от 3,4 до 3,77 м как классической, так и полноприводной компоновки с облегченным кузовом.

Применяемая, практически во всех сферах человеческой деятельности, цифровизация, как показал уже имеющийся опыт, пока недостаточно оценена по своему потенциалу в автомобилестроении. На фоне стремительно протекающих процессов четвертой промышленной революции постоянным представителем немецкого отделения транснациональной информационно-технологической корпорации IBM при немецком авто-

мобилестроительном концерне Volkswagen, в частности, оцениваются прошедшие и прогнозируемые изменения в автомобильном производственном процессе и на автомобильном транспорте [8]. Уже сегодня в современно оснащенный КТС присутствуют более 100 электронных устройств управления и более 20 км их электрокабельных коммуникаций реализации многочисленных функций цифровых информационных технологий. Задачей поставщиков автокомпонентов и конечных автопроизводителей сейчас является адаптация их характеристик и потребительских свойств к оперативному и максимально точному их выполнению, в том числе, в отсутствии предотвращаемых рисков столкновений. На повестке дня стоит задача объединения этих устройств в технологический комплекс, обеспечивающий быстрое и понятное считывание и трансляцию регистрируемой полезной информации, и технологичную замену всего комплекса или отдельных модулей.

Цифровизация позволяет решать многие, ранее даже не рассматривавшиеся в качестве объектов реализации, задачи. Широко бытует мнение о том, что водитель автомобиля скоро может быть больше не нужен. А обслуживающий человека автомобиль-робот или микроавтобус-робот может встречать его прямо перед дверью при выходе из дома и доставлять прямо к двери здания места назначения более пунктуально и безопасно. Успешные эксперименты городского такси-робота компании Uber, автоматизированных автономных грузовых автопоездов, перемещающихся в колонне по автострадам североамериканских штатов Колорадо, Невада, Калифорния и Техас, а также в Германии по специально выделенной полосе автомагистрали № 9 между Нюрнбергом и Мюнхеном подтверждают реальность этих событий.

Не без трудностей, продолжается юридическая проработка нормативных документов и главного из них - международного стандарта SAE J3016 с пятым уровнем автоматизации, а также других регламентов предоставления безопасных интеллектуальных транспортных услуг. В то же время, многие до сих пор сомневаются в успехе бизнес-модели роботизированного автомобиля. К ним, в числе многих, принадлежит член правления Volkswagen Томас Седран, который незадолго до открытия Женевского автосалона в марте 2019 г. дал понять, что из-за высоких затрат на реализацию этой затеи рассматриваемая проблема пока не является актуальной.

Большой оптимизм по этому поводу испытывают, например, руководители и сотрудники североамериканских Массачусетского технологического института и автомобилестроительной компании General Motors, в экспериментах по апробационной эксплуатации такси-робота, добившиеся стоимости перемещения одного пассажира на расстояние одной мили в Калифорнии всего за 0,55 евро, в то время как тариф для обычного такси составляет около US \$3/пасс.-мили.

В рамках разработки и оптимизации этой стратегии важна согласованность и действенность каждого из отдельных компонентов системы эксплуатации автоматического КТС: от суперкомпьютеров интеллектуальной инфраструктуры и автомобиля на ней до совершенства комбинированной электронной системы управления и каждого из ее компонентов.

По данным постоянного представителя немецкой автокомпонентного концерна ZF, уже сегодня бортовой процессор современного высокоинтеллектуального автомобиля, начиная с четвертой ступени автоматизации, выполняет до 600 млрд./с расчетных операций, а Tesla - даже больше. Повышенной энергоэффективности и автономности хода добились немецкие производители из компании Mover для своего городского миниавтомобиля GO и французской EasyMile - для EZ10.

Литература

1. Krumnau N.-C., Waldmann M. R. How Should Autonomous Cars Drive? A Preference for Defaults in Moral Judgments Under Risk and Uncertainty Bjorn Meder// Risk Analysis. - 2019. Vol. 39, № 2. - С. 295-314.
2. Tan J., Luan S., Katsikopoulos V. A Signal-Detection Approach to Modeling Forgiveness Decisions// Evolution and Human Behavior. - 2016.- С. 315-328.
3. <https://moralmachine.mit.edu>.
4. Hohenberger C., Spörrle M., Welpel I.M. How and why do men and women differ in their willingness to use automated cars? The influence of emotions across different age groups// Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2016.- Том 94.- С. 374-385.
5. Brell T., Phillipsen R., Ziefle M. sCARy! Risk Perceptions in Autonomous Driving: The Influence of Experience on Perceived Benefits and Barriers// Risk Anal. - 2019.- Том. 39, № 2. – С. 342-357.
6. Meder B., Fleischhut N., Krumnau N.-C., Waldmann M.R. How Should Autonomous Cars Drive? A Preference for Defaults in Moral Judgments Under Risk and Uncertainty// Risk. Anal. - 2019.- Том 39, № 2.- С. 295-314.
7. Ahlert A., Krantz W., Neubeck J., Wagner A. Ganzheitliche Fahrzeugdynamik unter Laborbedingungen// ANZ extra.-2019, Прил. Autom. Eng. Partners.-С. 50-54.
8. Winlelhake U. Herausforderungen bei der digitalen Transformation der Automobilindustrie// ATZ: Automobiltechnische Zeitschrift. - 2019, Том 121, № 7-8. - С. 36, 42.

Сведения об авторе

Грушников Виктор Александрович, старший научный сотрудник ОНИ по машиностроению Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН).

Телефон 8 499 152 59 10 (сл.)

E-mail: mach04@viniti.ru.