РАЗДЕЛ VIII. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Герасименко И.П., Требуховский Е.В., Рысин М.Л.

Взаимосвязь IT-индустрии и киберспорта в контексте его возникновения, современного развития и будущего

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского (ПКУ)»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-02-2020-18

idsp: ljjournal-02-2020-18

Аннотация

В статье рассматривается взаимное влияние компьютерной отрасли и киберспорта на этапах его возникновения, становления и современного состояния. Также сформулированы предположения, какое значение для киберспорта данная взаимосвязь может иметь в будущем (в том числе в отдаленной перспективе).

Ключевые слова: киберспорт, компьютерная индустрия, IT-индустрия, виртуальная реальность, облачные игры, блокчейн, мобильные игры.

Abstract

The article discusses the mutual influence between the computer industry and e-sports at the stages of its emergence, formation and current state. Also formulated hypothesis the significance of this relationship for eSports can have in the future (including in the long term).

Keywords: esports, computer industry, IT industry, virtual reality, cloud games, blockchain, mobile games.

К понятию «киберспорт»

Тема киберспорта в наши дни актуальна для исследований. Так, только в российской научной электронной библиотеке e-library.RU по поисковому запросу «киберспорт» выдается почти 500 публикаций, три четверти из которых опубликованы за последние три года.

Обсуждение проблематики киберспорта целесообразно начать с базового понятия «спорт». Спорт по устоявшемуся мнению – это организованная по определённым правилам деятельность людей, состоящая в сопоставлении их физических и/или интеллектуальных способностей (соревновании), подготовка к этой деятельности (разминка и тренировка), а также межличностные отношения, возникающие в её процессе [1].

В сочетании с досугом, эмоциональной разрядкой, характерным для многих стремлением к славе, спорт в первую очередь ставит целью совершенствование психофизических и интеллектуальных характеристик человека, его возможностей и навыков.

Исторически в спорте в большей степени предпочтение отдавалось физической активности. На современном этапе общественного развития, базирующемся на информации и знаниях, а также широких возможностях Интернет-коммуникаций, стали активно культивироваться интеллектуальные виды спорта, в том числе многопользовательские (командные) игры.

Компьютерная отрасль (IT-индустрия, от англ. information technology, IT) своими коммуникационными возможностями не могла не повлиять на такую публичную сферу, как спорт. Влияние IT так велико, что это дало возможность

появиться на свет особому виду соревновательной деятельности – киберспорту, фундаментом которого является использование компьютерных и видеоигр [2].

Согласно общепринятому определению, «киберспорт – это соревнования в виртуальном пространстве, где игра представляет собой взаимодействие объектов управления, обеспечивая равные условия состязаний человека с человеком или команды с командой» [3]. Киберспорт в наши дни стал самостоятельным коммерческим направлением в индустрии развлечений с бюджетами, измеряемыми миллионами долларов. Согласно имеющимся данным, прибыльность киберспорта каждый год растет на 20-40% и к концу 2019 г., как ожидается, превысит 1 миллиард долларов [4].

В киберспорте выделяют 5 категорий:

1. Трехмерные шутеры (3D shooter) – симуляция ведения боя между группами (командами) игроков (например, «Counter Strike: Global Offensive»).
2. Тактико-стратегическая игра – в игре происходят сражения между армиями игровых единиц игроков при одновременном развитии сторон (например, «Starcraft», «Warcraft»).
3. Командные ролевые игры с элементами тактико-стратегической игры (игрок управляет своей единичной моделью, развивая её при взаимодействии с игровым пространством и моделями других игроков (например, «League of Legends» и «Defense of the Ancients 2» («Dota 2»)).
4. Технические симуляторы – автомобильные и авиационные (например, «F1» и «War Thunder»).
5. Симуляторы спортивных игр – футбол, хоккей, баскетбол (например, «FIFA», «NBA», «NHL»).

По состоянию на 2019 год в числе самых популярных киберспортивных дисциплин – трёхмерные шутеры (3D shooter), симулирующие бой между командами игроков на современном или фантастическом оружии, симуляторы спортивных игр (серия игр FIFA); стратегии в реальном времени (StarCraft) и командные ролевые игры с элементами тактико-стратегической игры (League of Legends, Dota 2).

Киберспорт как порождение IT-индустрии. Первые игры.

Появление и развитие возможностей компьютерной техники и сетевых коммуникаций стало почвой для становления и развития киберспорта.

Первые ЭВМ появились в 1940-х годах. В силу слабых вычислительных возможностей первых ЭВМ, дороговизны аппаратных ресурсов и неразвитости телекоммуникаций возникновение киберспорта в мире состоялось значительно позже: первые компьютерные игры с текстовым интерфейсом (англ. text user interface, TUI) появились лишь в 1960-х.

Практически во всех работах, посвященных киберспорту, датой его зарождения считается 9 октября 1972 года, когда состоялся первый турнир по видеоиграм – «Межгалактическая олимпиада по Spacewar» («Intergalactic Spacewar olympics») [5].

В 1978 году успех видеоигры «Space Invaders» на игровых (аркадных) автоматах мотивировал инвесторов обратить внимание на молодую игровую индустрию. Благодаря этой игре началось развитие аркадных автоматов, что можно считать первой ступенью становления игровой индустрии [6]. Чемпионат по игре «Space Invaders» в США, организованный компанией Atari в 1981 году, прошел в небывалых для того времени масштабах – более 10 тысяч участников.

Отметим, что аркада рассматривается как «жанр компьютерных игр, характеризующийся коротким по времени, но интенсивным игровым процессом» [7].

После спада рынка аркадных автоматов появилась потребность в новых платформах, способных заинтересовать пользователей. Благодаря инвестициям удалось

разработать и внедрить новую платформу – приставки к телевизорам (консоли), что открыло игровой индустрии второе дыхание. Так, в 1983 году компания Nintendo выпустила революционную для своего времени консоль «Nintendo Entertainment System», игровая индустрия начала возрождаться, а вместе с ней на новый виток популярности вышла и её соревновательная часть.

Игровые приставки активно развиваются и сегодня. Существует большое количество киберспортивных дисциплин, в которых удобнее соревноваться, используя именно консоль, например, спортивные симуляторы или файтинги. Крупнейшими производителями игровых консолей в наши дни являются Nintendo, Sony и Microsoft.

В течение 1980-х годов с лавинообразным распространением персональных компьютеров на рынке появляется множество компьютерных игр с достаточно развитым графическим интерфейсом (англ. graphic user interface, GUI).

Отдельный импульс развитию игровой индустрии дало появление и повсеместное распространение локальных сетей, позже подключившихся к мировой сети Интернет (1970-е – начало 1990-х гг.). До эры сетевых коммуникаций компьютерная игра подразумевала не борьбу друг с другом в одном виртуальном пространстве, а попытки по очереди показать лучший результат на одном игровом устройстве. Новое поколение сетевых игр дало возможность играть с другими игроками посредством сетевого взаимодействия. Локальные сети и Интернет легко интегрировались в компьютерные игры, устраняя расстояние между игроками – единственный барьер для командных соревнований в онлайн. В настоящее время киберспортивные дисциплины – это возможность состязания именно в реальном времени.

Для взаимодействия игроков в сетях первого поколения был использован протокол удалённого доступа Telnet, до сих пор входящий в состав стека TCP/IP. Telnet (от англ. TErminaL NETwork) – согласно RFC 854 это протокол прикладного уровня, используемый для реализации двунаправленного интерактивного текстового интерфейса в сети через виртуальный терминал. Данные от пользователя перемешиваются с управляющими командами Telnet в восьмибитный байт-ориентированный код, передаваемый по транспортному протоколу TCP.

Самая первая онлайн-игра на основе Telnet «Multi-user Dungeon» (MUD) была создана в 1978 году (разработчики Ричард Бартл и Рой Трабшоу). Это была текстовая многопользовательская компьютерная игра, в которой присутствовали элементы ролевой игры, hack-and-slash (истребление множества противников в ближнем бою), interactive fiction (взаимодействие с игроком посредством текстовой информации) и обязательно чат, разделённый на каналы. Игровой процесс сводился к исследованию мира игры, развитию игрового персонажа и взаимодействию с другими игроками. Игроки взаимодействовали с виртуальным миром при помощи текстовых команд, посылая их удалённому серверу через интерфейс командной строки.

Одной из первых игр, реализованных в сети Интернет, стала аркада «Netrek», выпущенная в 1988 году [8]. «Netrek» – свободно распространяемая компьютерная онлайн-игра в жанрах стратегия в реальном времени и шутер. В игре могли принимать участие до шестнадцати игроков, распределённых по командам (до четырёх команд), которые пытались вывести из строя или уничтожить космические корабли своих оппонентов и захватывать вражеские планеты, высаживая десант. На момент выхода игра была новаторской во многих аспектах: важным системным требованием стало наличие модема. Пик популярности «Netrek» пришёлся на середину и конец 90-х годов: в различных регионах существовали свои лиги, а также проходили общие (открытые) игры, участвовать в которых могли все желающие. И до сих пор у этой игры есть поклонники, регулярно заходящие на сервер игры [9].

В интернет-игре «Netrek» были опробованы технические новинки компьютерных сетей того времени. Игра совмещала в себе жанр стратегии в реальном времени и шутер. В ней были опробованы технологии, которые в дальнейшем, получили широкое распространения при создании онлайн-игр:

- Использование двух основных протоколов передачи данных транспортного уровня: быстрого, но не гарантирующего надежность UDP, и надёжного, но медленного TCP.
- Механизм против чит-кода с использованием криптографической системы аутентификации с открытым ключом (с помощью протокола RSA), предоставлявший базовую защиту от сетевых атак типа «Man in the Middle» (MITM, «человек посередине»).
- Использование мета-серверов, которые предназначены для поиска серверов, доступных для игры.
- Несколько вариантов игры, поддерживаемые одним клиентом. При подключении к игре сервер сообщает клиенту о том, какие функции игры поддерживаются.

Влияние киберспорта на развитие IT индустрии

В свою очередь, киберспорт является катализатором для развития самой IT-сферы. Он создает стимул для развития ряда IT-направлений: высокопроизводительное аппаратное обеспечение вычислительной техники, графический дизайн, компьютерные сети и даже искусственный интеллект.

Так, киберспорт нуждается в мощном аппаратном обеспечении. Для поддержки оптимальной производительности у большего количества игроков в одно время в одном виртуальном пространстве требуются качественные производственные системы.

Для производителей электронных устройств киберспорт даёт стимул к разработке и совершенствованию, а также рынок для реализации новинок оборудования, является возможностью продвинуть свою технику и зарекомендовать в себя в глазах своих потенциальных пользователей.

В 2019 году было выпущено много новинок, предназначенных для киберспорта. ASUS показала новые ноутбуки для киберспортивных игр [10] с новейшими процессорами Intel Core девятого поколения и видеокартами NVIDIA GeForce RTX. Компания Intel представила первый, по-сути, мини-компьютер серии Skull Canyon (модель NUC6i7KYK), предназначенный для геймеров. В компактном корпусе размерами 216 x 116 x 23 мм разместилось достаточно производительное "железо", которое хорошо справляется с тремя одновременно подключенными 4K-мониторами, но только если речь идёт про работу и выполнение несложных задач.

Графический дизайн в современной компьютерной игре выполняет первоочередную роль. Здесь должно быть решено множество задач: иллюстрирование и дизайн разнообразных персонажей; проработка игрового мира с неповторимой атмосферой и различными уровнями; ориентация на целевую аудиторию; удержание внимания игрока, взаимодействие с ним посредством интерфейса; проектирование простой и понятной навигации по игровому миру, помогающей игроку ориентироваться в пространстве; создание спецэффектов и взаимодействие самого персонажа с миром в целом. Таким образом, разработка дизайна игр превратилась в высокотехнологическую и огромную индустрию,двигающую прогресс вперед [11].

Здесь же уместно будет отметить, что отрасль графического дизайна требует наличия высокопроизводительных графических процессоров и мультимедийного оборудования. Разработка и производство графических процессоров – одна из основных отраслей, влияющая на развитие киберспорта. Современные насыщенные графикой игры, являются серьёзной проверкой производительности вычислительной

системы, от чего зависит результат киберспортсмена и, нередко, судьба довольно большого приза. Чтобы обеспечить потребности рынка, производители графических процессоров постоянно развивают и совершенствуют своё оборудование.

Так, в 2020 году Intel планирует выпустить первые решения на базе графической архитектуры Xe [12]. Дискретные видеокарты на базе Intel Xe получат поддержку трассировки лучей в реальном времени. Аппаратное ускорение трассировки лучей будет работать на базе API Intel Rendering Framework. Архитектура Intel Xe должна обеспечить стабильно высокое число кадров секунду в киберспортивных играх.

Киберспортивные трансляции важная составляющая киберспорта, т.к. большинству зрителей удобней не ездить на каждое киберспортивное событие, а следить за ходом развития событий с экранов смартфонов, домашних телевизоров или компьютеров. Киберспортивные трансляции появились тогда, когда быстрый интернет позволил передавать мультимедийный трафик. Крупные стримерские площадки, такие как twitch.tv или youtube.com – это каталоги, где можно моментально найти трансляцию по интересующей пользователя киберспортивной дисциплине или игре.

В связи с этим, NVIDIA представила проект SDK RTX Broadcast Engine, который работает в интеграции с Open Broadcaster Software (OBS) и XSplit [13]. Программа будет использовать тензорные ядра RTX, и для запуска потребуются видеокарты не слабее GeForce RTX 2060. Искусственный интеллект сможет отличить фон от стримера, что позволит ставить изображения и видео на задний план без установки зелёного экрана (хромакея). Помимо этого, искусственный интеллект сможет распознавать мимику человека и повторять её на лице виртуального героя в реальном времени, а также накладывать фильтры на изображение с веб-камеры.

Среди основных тенденций в сфере IT, развитие которых определяется во многом потребностями киберспорта, можно выделить следующие:

- Технология VR (англ. virtual reality, виртуальная реальность).

VR-киберспорт становится интересным, когда игроки не стоят или сидят на месте. Использование VR беговых дорожек требует от киберспортсменов как навыков видеоигр, так и физической подготовки, предлагая уникальную возможность охватить новую аудиторию геймеров. На данный момент VR в игре является больше наблюдательным инструментом, т.к. киберспорт требует безоговорочной точности, говорить же о точности в VR пока нельзя [2].

- Применение искусственного интеллекта (ИИ) в игровых мирах.

Цель ИИ в играх состоит в имитации разумного поведения и в предоставлении игроку убедительной, правдоподобной задачи, чтобы сделать игру ещё более яркой и насыщенной. в качестве площадки для тренировки искусственного интеллекта удобно использовать виртуальную реальность. В частности, в качестве «тренировочного лагеря» для машинного обучения используется известная игра «Dota 2», где разработчики компании OpenAI создали бота (программного робота), внедрили его в игровой мир и дали возможность самому принимать решения. Такие боты в киберспорте способны успешно состязаться с реальными киберспортсменами, что и доказали результаты турниров.

Еще один пример использования машинного обучения – обучаемые боты в покере. Представители Университета Альберты создали алгоритм DeepStack. Он способен обучаться, в том числе на партиях с самим собой. Этот алгоритм хорошо показал себя на практике, обыгрывая профессиональных игроков в покер и при этом совершенствуясь.

Эти решения и разработки важны не только для сферы киберспорта и онлайн-игр, но и для развития искусственного интеллекта в целом. Алгоритмы покерных ботов на основе машинного обучения можно применять также в сфере маркетинга,

финансового управления, безопасности – в любой из областей, где нужно обучить агентов в среде с неполной информацией – например, в приложениях по управлению риск-доходностью. Алгоритмы для игры в покер в этом случае помогут искусственному интеллекту принимать оптимальные решения в условиях неопределенности.

Новые направления в IT как фактор изменений в киберспорте

Важным направлением развития IT, оказывающем существенное влияние в том числе и сферу киберспорта, являются мобильные технологии. На сегодняшний день мобильные киберспортивные игры стремительно развиваются. Они лишь недавно стали набирать популярность, но уже теснят полноценные игры на консолях и персональных компьютерах, такие как «Dota 2» и «LoL».

Перспективной для будущего киберспорта следует признать технологию блокчейн. Блокчейн (англ. block chain) – это построенная на основе определенного алгоритма цепочка блоков транзакций в распределенной базе данных. Специфика блокчейна заключается в том, что хранение всех данных о транзакциях происходит одновременно у всех пользователей, что делает систему защищенной от взлома.

Применение блокчейн-технологий в киберспорте позволит геймерам покупать игры и осуществлять внутриигровые покупки за криптовалюты: таким образом устраняется необходимость в посредниках и решается проблема безопасности и прозрачности платежей. Блокчейн-инструменты защищают геймеров от мошенничества: поскольку все транзакции фиксируются в блокчейне, становится несложно вычислить «читеров» – недобросовестных геймеров, пытающихся завладеть игровыми артефактами других пользователей.

Еще одним важным фактором развития игровой индустрии следует признать облачные вычисления. Облачные игры – это один из типов облачных вычислений, основанных на принципе потокового мультимедиа. Суть облачных игр заключается в переносе вычислительной нагрузки с локального на удаленное устройство – сервер или более мощный компьютер.

Первые эксперименты в разработке технологий облачных игр продемонстрировала компания G-cluster в 2000 году на выставке «Electronic Entertainment Expo» [14]. В 2005 году компанией Crytek, занимающейся разработкой компьютерных игр, была попытка внедрения системы облачных игр в проект «Crysis». В марте 2010 году был запущен крупный проект «OnLive», а облачный игровой сервис стартовал одновременно с продажами одноименной консоли.

Но первая волна облачных игр компаний Onlive, Gaikai, G-cluster и других по ряду причин сошла на нет, а рынок взял перерыв.

Высокая активность началась в 2014 году, когда компания Sony запустила сервис PlayStation Now. Одновременно с этим, компания Nvidia стала выпускать серверные видеокарты Nvidia Grid 2.0 и запуск сервиса облачных игр Geforce Now. Nvidia Grid – это специальная разработка для облачных игр. Он включает в себя рендеринг и сжатие потокового видео.

Спустя 19 лет после первых облачных игр, скорость доступа к сети Интернет выросла на порядок, сейчас качество сервисов облачных игр сравнимо с игрой на приставке или персональном компьютере. С запуском сети 5G можно ожидать значительный рост популярности облачных игр и их активное внедрение в киберспорт.

Будущее киберспорта

Развитие киберспорта напрямую зависит от научно-технических достижений в области электроники. Как только разрабатываются новые технологии и IT индустрия выходит на новый уровень, происходит незамедлительное внедрение этих достижений в игровую индустрию. Виртуальное пространство все больше напоминает настоящую

жизнь. Реальное будущее – это полное присутствие с тактильными ощущениями и запахами.

Описанная выше технология виртуальной реальности, по нашему мнению, является самой ближайшей перспективой развития киберспорта. Игрок или пользователь уже сейчас может использовать специальное оборудование, датчики и беговые дорожки, которые в совокупности добавляют аспект ходьбы и бега, что позволит не только сознанием, но и телом погрузиться в игровое противостояние (это потребует, как навыков видеоигр, так и физической подготовки). Всё это позволит поставить киберспортсменов в один ряд с реальными.

Виртуальная среда станет ещё одной мировой площадкой для финансовых отношений. Помимо блокчейн-сервисов транзакций, для профессиональных киберспортсменов будет создана единая система сделок в игровом пространстве, которая будет использовать индивидуальные биочипы, внедряемые в организм носителя. Они будут обладать важными достоинствами: их невозможно подделать и легко контролировать. Уже идут активные исследования в этой области. Например, некоторые работодатели в Великобритании вживляют сотрудникам импланты, чтобы обезопасить себя и свои корпоративные данные [15]. Сотрудники же получают возможность открывать двери по движению руки и также оплачивать покупки. Возможно уже в скором времени появятся совсем небольшие электронные системы, позволяющие выходить в сеть, играть или работать на ходу.

Будущие достижения физиологии, медицины, химии и информационных технологий позволят выйти киберспорту на, без преувеличения, фантастический уровень.

В отдаленной перспективе человек, как в фильме «Матрица», будет способен переносить своё сознание в виртуальный мир, отвечающий заданным игровым сценариям, не отличимый от реальной жизни.

1. Спорт [Электронный ресурс]. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/3198> (дата обращения 11.10.19).
2. Ятманов В.А., Гиматов А.Ф. Киберспорт и использование в нём технологий виртуальной реальности // Современные научные исследования и разработки. - №1 (18). - 2018. - С. 479-482.
3. Киберспорт [Электронный ресурс]. URL: www.dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/193495 (дата обращения 11.10.19).
4. Newzoo: выручка рынка киберспорта в 2019 году впервые преодолет отметку в миллиард долларов [Электронный ресурс]. URL: www.dtf.ru/gameindustry/39602-newzoo-vyruchka-rynka-kibersporta-v-2019-godu-vpervye-preodoleet-otmetku-v-milliard-dollarov (дата обращения 21.10.19).
5. Киберспорт — это спорт будущего или развлечение? [Электронный ресурс]. URL: www.zen.yandex.ru/media/id/5d054005af8bd4147ddcacbc/kibersport--eto-sport-buduscego-ili-razvlechenie-5d0542a3af8bd4147ddcacd8 (дата обращения 12.10.19).
6. История развития киберспорта в России и мире [Электронный ресурс]. URL: www.xn--90aihhxfcgcn.xn--p1ai/esport/history (дата обращения 13.10.19).
7. Аркада [Электронный ресурс]. URL: www.partners.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/159579 (дата обращения 16.10.19).
8. Netrek [Электронный ресурс]. URL: www.partners.academic.ru/dic.nsf/enwiki/183301 (дата обращения 15.10.19).
9. Netrek Nexus-Серверы [Электронный ресурс]. URL: www.netrek.org/servers (дата обращения 17.10.19).
10. ASUS показала новые ноутбуки для киберспортивных игр [Электронный ресурс]. URL: <https://4pda.ru/2019/04/25/357181> (дата обращения 18.10.19).
11. Хевсокова Д.Д. Видеоигры как сфера графического дизайна // Молодой ученый. - №47 (233). - 2018. - 190-192.
12. Мобильные GPU Intel Xe должны обеспечить 60 кадров в секунду в киберспортивных играх [Электронный ресурс]. URL: www.evrl.to/articles/5d9c34126ec7f741aedab230/mobilnye-gpu-intel-xe-dolzhen-obespechit-60-kadrov-v-sekundu-v-kibersportivnyh-igrah (дата обращения 19.10.19).

13. NVIDIA подготовила технологию, которая избавит от хромакеев на стриме [Электронный ресурс]. URL: www.cybersport.ru/other/news/nvidia-podgotovila-tekhnologiyu-kotoraya-izbavit-ot-khromokeev-na-strimakh (дата обращения 20.10.19).
14. Облачные сервисы для игры на слабых ПК, актуальные в 2019 году [Электронный ресурс]. URL: www.habr.com/ru/post/454104/ (дата обращения 26.10.19).
15. Тренды. В Великобритании набирает популярность чипирование сотрудников. [Электронный ресурс]. URL: <https://hightech.plus/2018/11/12/v-britanii-nabiraet-populyarnost-chipirovanie-sotrudnikov> (дата обращения 27.10.19).

Глотов Н.В.

Модели работы стреловых кранов

Сибирский государственный университет путей сообщения
(Россия, Новосибирск)

doi: 10.18411/lj-02-2020-19

idsp: ljjournal-02-2020-19

Аннотация

Построены модели для коэффициента готовности, коэффициента технического использования и коэффициента эффективности стреловых в зависимости от коэффициента использования по времени.

Ключевые слова: стреловые краны, регрессионные уравнения, информационные технологии.

Abstract

Models have been built for availability factor, technical utilization factor and arrow efficiency factor depending on the time utilization factor.

Keywords: Arrow valves, regression equations, information technology

В СГУПС созданы базы натурных испытаний машин, комплектов и систем, а также разработано соответствующее методическое, математическое и программное обеспечение для использования баз данных, построения регрессионных уравнений (моделей) и их доверительных интервалов [1 – 23].

После создания баз данных по результатам натурных испытаний стреловых кранов проведена обработка выборок коэффициента использования по времени (K_B), коэффициента готовности (K_r), коэффициента технического использования ($K_{ти}$), коэффициента эффективности ($K_э$) и установлено, что все они подчиняются закону нормального распределения [15]. Следующим этапом исследования стало построение регрессионных уравнений (математических моделей) [1 – 4, 8, 10, 17, 19, 21, 22].

Собранная в базе данных информация [1 – 15, 18 – 20, 23] позволила с помощью программы «Modell» [17, 19, 21, 22] методом наименьших квадратов построить модели и рассчитать их основные характеристики (табл. 1, 2).

Таблица 1.

Таблица дисперсионного анализа

Фактор	Источник	Число степеней свободы	Сумма квадратов (SS)	Дисперсия (MS)	F-критерий
K_r	Регрессия	1	0,4884	0,48840	1466,4
	Остаток	958	0,3191	0,00033	
	Общий, скорректированный	959	0,8075		
$K_{ти}$	Регрессия	1	0,2033	0,20327	708,3
	Остаток	958	0,2749	0,00029	
	Общий, скорректированный	959	0,4782		
$K_э$	Регрессия	1	1,2658	1,26581	4271,7
	Остаток	958	0,2839	0,00030	
	Общий, скорректированный	959	1,5497		