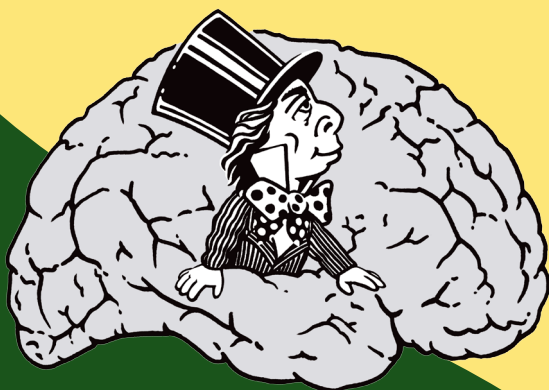


# КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
2023

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман

УДК 159.9  
ББК 88.25  
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 21 – 22 июня 2023 г. Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман. – М.: ООО «Буки Веди», Московский институт психоанализа. 2023 г. – 604 стр.

© Авторы статей, 2023

ISBN 978-5-4465-3880-5

УДК 159.9  
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-3880-5

© Авторы статей, 2023

## СОВМЕСТНАЯ АГЕНТНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА И РОБОТА В ИГРАХ НА РЕАКЦИЮ

А. С. Яшин\* (1, 2), Д. Г. Чжао (1), А. Н. Столярова (1, 3), Е. В. Мельничук (1),  
Н. А. Аринкин (1, 4), А. А. Зинина (1, 4, 5), А. А. Котов (1, 4)  
[teridacs@yandex.ru](mailto:teridacs@yandex.ru)

1 – НИЦ «Курчатовский институт», Москва; 2 – МГУ им. М.В. Ломоносова,  
Москва; 3 – РАНХиГС, Москва; 4 – РГГУ, Москва; 5 – МГЛУ, Москва

**Аннотация.** Будучи социальными существами, люди способны действовать совместно. Исследования моторного поведения и показателей чувства агентности показывают, что действия агента и его партнера могут быть одинаково представлены в репрезентационном содержании агента. Не исключено, что совместная агентность возникает при взаимодействии человека с антропоморфным роботом. Такие сценарии взаимодействия являются перспективными, поскольку подразумевают сохранение чувства агентности у человека, несмотря на автономность робота. В нашем исследовании работа испытуемых с антропоморфным роботом противопоставлялась работе с программой-помощником. Мы организовали взаимодействие в виде игры на реакцию, где игрок и помощник реагировали на стимулы нескольких видов. При нажатии нужной клавиши игроку начислялись очки. Робот и программа реагировали на стимулы с одинаковой скоростью, и заработанные ими очки начислялись игроку. Мы предположили, что в совместных играх с роботом испытуемые наберут больше очков, чем в играх с программой. Наша гипотеза подтвердилась: испытуемые набирали значимо больше очков, играя с роботом. Мы полагаем, что разница в эффективности возникла благодаря тому, что испытуемые воспринимали робота в качестве соагента. Кроме того, время реакции испытуемого зависело от времени реакции робота, но не программы. Мы объясняем этот результат синхронизацией темпа игры человека и робота. Подобные эффекты часто наблюдаются в совместной деятельности. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения антропоморфных роботов в сценариях, подразумевающих равное распределение обязанностей между роботом и человеком.

**Ключевые слова:** антропоморфный робот, чувство агентности, совместная агентность, человек-машинное взаимодействие, взаимодействие человек – робот, игры на реакцию

### Введение

Роботы всё больше интегрируются в повседневную жизнь современного человека. Обычно взаимодействие человека с роботом ограничивается использованием последнего как автоматизированной системы. Однако с развитием технологий искусственного интеллекта может значительно расшириться область применения роботов-помощников, с которыми люди действуют

совместно. Исследования социального эффекта Саймона (Sebanz et al., 2003) и показателей чувства агентности (Gallagher, 2000) при совместном действии (Sahai et al., 2019) говорят о том, что соагенты могут воспринимать действия друг друга как свои собственные, обретать в отношении них чувство агентности. В литературе принято разделять чувство агентности на непосредственное ощущение агентности и явные суждения об агентности (Synofzik et al., 2008). Ощущение агентности – это неконцептуальная осведомленность о действии, которой соответствует особенное репрезентационное содержание в опыте агента. При совместных действиях в отношении движений партнера предположительно возникает именно ощущение агентности, а не явные суждения – агент понимает, какие движения он совершает сам. При взаимодействии с машиной эффекты, полученные для совместных действий, не воспроизводятся (Sahai et al., 2019). При повышении автоматизации устройства чувство агентности оператора падает (Berberian et al., 2012). Это может сказываться на эффективности управления устройством, что показывают исследования вождения с автопилотом (Navarro et al., 2016): при пониженном чувстве контроля агент дольше берет на себя управление, когда это становится необходимым. Поскольку на сегодня только люди могут нести ответственность за свои поступки и должны иметь возможность вмешаться в работу роботизированного устройства, разработчики роботов заинтересованы в сохранении чувства агентности у оператора. Одной из стратегий, позволяющих добиться этого, является организация совместной агентности человека и робота.

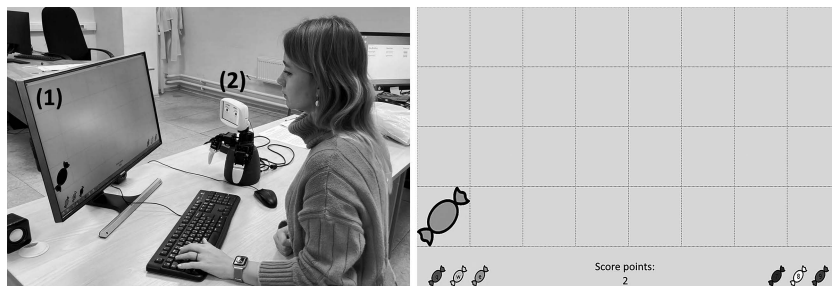
Большинство людей положительно воспринимают антропоморфных роботов (Roesler et al., 2021), но результаты исследований не дают оснований для прогнозирования эффективности взаимодействия с ними. В нашем исследовании мы стремились сопоставить совместную работу человека с антропоморфным роботом Ф-2 (рис. 1, слева) и компьютерной программой. Робот и программа помогали испытуемым в игре на реакцию. Согласно нашей гипотезе, взаимодействие с роботом должно было быть более эффективным из-за возможного возникновения совместной агентности в играх с роботом.

## Методика

В исследовании приняли участие 36 здоровых добровольцев (18 мужчин, 18 женщин, возраст  $25.0 \pm 4.6$  лет,  $M \pm SD$ ). В эксперименте испытуемому (игроку) предлагалось набрать как можно больше очков в игре “CandyHunter”, созданной для проведения данного исследования. В течение игры ему нужно было «хватать» конфеты, которые по одной появлялись в ячейках матрицы  $5 \times 8$  (рис. 1, справа). Каждый вид конфеты «схватывался» посредством нажатия соответствующей клавиши. Три вида конфет «хватались» с помощью клавиш «q», «w», «e» (левая рука), еще три вида – с помощью клавиш «7», «8», «9» (Numpad, правая рука). Нажатие правильной клавиши сопровождалось звуковым сигналом хлопка, после чего конфета исчезала, а игрок получал очки в зависимости от скорости нажатия. В случае нажатия неверной клавиши испытуемый терял очки. Штрафы были достаточно большими, чтобы испытуемому не было выгодно просто угадывать клавишу.

В кооперативных режимах помощник брал на себя «схватывание» конфеты, которым соответствовали клавиши «7», «8» и «9». Очки, заработанные помощником, начислялись игроку. Помощник никогда не допускал ошибок. При схватывании конфеты робот Ф-2 поднимал левую или правую руку и поворачивал голову в зависимости от того, в какой половине экрана появлялась конфета. Робот всегда находился в поле зрения игрока (рис. 1, слева). Перед началом эксперимента Ф-2 приветствовал игрока – мы полагали, что в этом случае испытуемый будет с большей вероятностью считать Ф-2 полноценным агентом. Программный помощник никак не проявлял свою работу: переданные ему конфеты просто исчезали после задержки. Скорость реакции помощников на конфеты могла быть высокой или низкой в зависимости от режима. Время реакции в «медленном» режиме случайным образом выбиралось из интервала 1000–1300 мс, в «быстром» – из интервала 500–800 мс.

Эксперимент включал пять режимов игры: (1) одиночная игра, (2) игра с программой (быстрой FProg и медленной SProg), (3) игра с Ф-2 (быстрым FRobot и медленным SRobot). Испытуемые проходили через семь серий: в 1-й, 4-й и 7-й сериях они играли в одиночном режиме, в остальных – с помощниками. Порядок режимов исключал эффект последовательности.

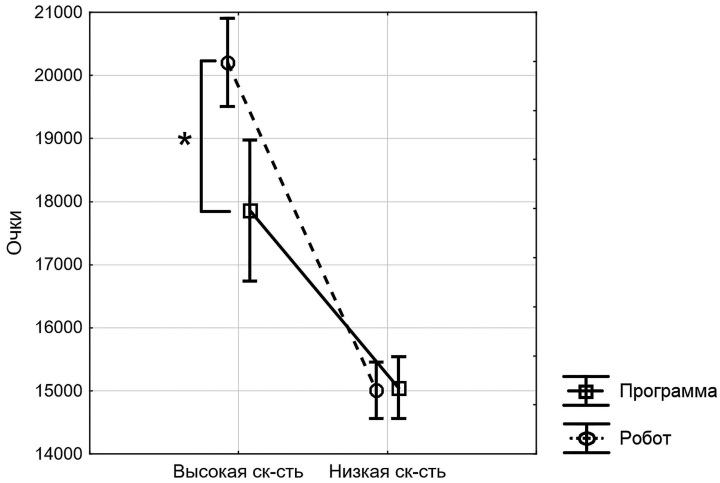


**Рисунок 1.** Слева – экспериментальная система с игрой (1) и роботом Ф-2 (2). Справа – игровое поле “CandyHunter”

## Результаты

Чтобы оценить влияние помощников, мы проанализировали общее количество очков в кооперативных режимах (рис. 2). Количество очков в сессии напрямую зависело от времени реакции и числа ошибок игрока, поэтому в кооперативных режимах оценивался совместный итоговый счет, заработанный испытуемым и роботом/программой.

Двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями (rmANOVA) показал значимость фактора *помощника* ( $F(1,35) = 16.66, p = .0003$ ) и фактора *скорости* ( $F(1,35) = 162.93, p = .00001$ ). Взаимодействие факторов также было значимым ( $F(1,35) = 17.19, p = .0002$ ) (рис. 2). Апостериорный анализ (Fisher’s LSD) показал значимую разницу между режимами FRobot и FProg ( $p = .00001$ ). Испытуемые набирали значительно больше очков с быстрым



**Рисунок 2.** Очки, набранные участниками в различных режимах с помощниками ( $N=36$ ,  $M \pm CI$ ). Звездой обозначена статистически значимая разница между режимами FRobot и FProg

роботом-помощником (FRobot), несмотря на одинаковую эффективность помощников. При анализе среднего времени реакции испытуемых в семи сессиях однофакторный ANOVA обнаружил значимый эффект ( $F(6,210)=78.18$ ,  $p < .00001$ ). Апостериорный анализ (Fisher's LSD) показал, что скорость реакции испытуемого зависела от скорости робота ( $p = .016$ ), но не от скорости программы ( $p = .46$ ). Скорость реакции испытуемого в режимах с помощниками была выше, чем в одиночном режиме. Поправка на множественные сравнения в тестах осуществлялась с помощью процедуры Бенджамини-Хохберга (Benjamini, Hochberg, 1995).

## Обсуждение

В нашем исследовании была обнаружена значимая разница в эффективности взаимодействия испытуемого с антропоморфным роботом и программой-помощником. Взаимодействие происходило в игре на реакцию, где испытуемый и помощник действовали на равных и вместе зарабатывали очки. Разница между роботом и программой заключалась только в движениях робота Ф-2 – помощники одинаково быстро реагировали на стимулы. Мы полагаем, что наличие разницы в очках было связано с тем, как испытуемые воспринимали робота. Предположительно, у испытуемых возникало ощущение агентности в отношении действий робота: они переживали игру с ним как набор совместных действий. Это предположение также подтверждается разницей в скорости реакции испытуемого – в отличие от программы, Ф-2 навязывал испытуемым темп игры. Известно, что люди ненамеренно синхронизируются при выполнении совместных действий, и схожий эффект возникает при синхронизации

ции с роботами (Lorenz et al., 2011). Однако наши результаты не позволяют с точностью определить конкретный механизм, повышающий эффективность игры испытуемых. Не исключено, что испытуемые, наоборот, конкурировали с роботом, пытаясь реагировать быстрее него. Остаются возможными и иные интерпретации наших результатов, не основанные на восприятии робота в качестве агента. Вероятно, темп игры испытуемого задавался звуками работы Ф-2 или другими неучтенными нами факторами.

## Заключение

В данном исследовании мы показали, что взаимодействие с антропоморфным роботом может быть более эффективным, чем с невоплощенным помощником. Мы считаем, что в условиях равного распределения обязанностей между человеком и антропоморфным роботом возникает совместная агентность: человек воспринимает действия робота как действия агента-партнера. Для подкрепления нашего объяснения требуются дальнейшие исследования, которые позволят выяснить, воспринимаются ли движения Ф2 подобно движениям другого человека.

## Литература

- Benjamini Y., Hochberg Y.* Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing // *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*. 1995. Vol. 57. No. 1. P. 289 – 300. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x>
- Berberian B., Sarrazin J.-C., Le Blaye P., Haggard P.* Automation technology and sense of control: A window on human agency // *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7. No. 3. P. e34075. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034075>
- Gallagher S.* Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science // *Trends in Cognitive Sciences*. 2000. Vol. 4. No. 1. P. 14 – 21. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(99\)01417-5](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(99)01417-5)
- Lorenz T., Mortl A., Vlaskamp B., Schubo A., Hirche S.* Synchronization in a goal-directed task: Human movement coordination with each other and robotic partners // 2011 RO-MAN. IEEE, 2011. P. 198 – 203. <https://doi.org/10.1109/roman.2011.6005253>
- Navarro J., François M., Mars F.* Obstacle avoidance under automated steering: Impact on driving and gaze behaviours // *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2016. Vol. 43. P. 315 – 324. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.09.007>
- Roesler E., Manzey D., Onnasch L.* A meta-analysis on the effectiveness of anthropomorphism in human-robot interaction // *Science Robotics*. 2021. Vol. 6. No. 58. P. eabj5425. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abj5425>
- Sahai A., Desantis A., Grynszpan O., Pacherie E., Berberian B.* Action co-representation and the sense of agency during a joint Simon task: Comparing human and machine co-agents // *Consciousness and Cognition*. 2019. Vol. 67. P. 44 – 55. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.11.008>
- Sebanz N., Knoblich G., Prinz W.* Representing others' actions: Just like one's own? // *Cognition*. 2003. Vol. 88. No. 3. P. B11 – B21. [https://doi.org/10.1016/s0010-0277\(03\)00043-x](https://doi.org/10.1016/s0010-0277(03)00043-x)
- Synofzik M., Vosgerau G., Newen A.* Beyond the comparator model: A multifactorial two-step account of agency // *Consciousness and Cognition*. 2008. Vol. 17. No. 1. P. 219 – 239. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2007.03.010###0040>

## JOINT HUMAN-ROBOT AGENCY IN REACTION GAMES

A. S. Yashin\* (1, 2), D. G. Zhao (1), A. N. Stolyarova (1, 3), E. V. Melnichuk (1),  
N. A. Arinkin (1, 4), A. A. Zinina (1, 4, 5), A. A. Kotov (1, 4)

[teridacs@yandex.ru](mailto:teridacs@yandex.ru)

1 – NRC “Kurchatov institute”, Moscow; 2 – M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow; 3 – Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow; 4 – Russian State University for the Humanities, Moscow; 5 – Moscow State Linguistic University, Moscow

**Abstract.** As social beings, humans are capable of acting together. Studies of motor behavior and sense of agency indicators show that the actions of an agent and partner can be similarly reflected in the agent’s representational content. Joint agency might also arise in interactions between humans and anthropomorphic robots. Such interaction scenarios are promising because they imply a preserved sense of agency in the human operator, despite the robot’s autonomy. In our study, we contrasted human interactions with an anthropomorphic robot and with an assistant program during a reaction game, where a player and an assistant reacted to several types of stimuli. The robot and the program reacted to the stimuli with the same speed, and the points they earned were ascribed to the player. Our hypothesis that participants would score higher in cooperative games with the robot than with the program was confirmed, which we attribute to the participants perceiving the robot as a co-agent. Additionally, the participants’ reaction times depended on those of the robot, but not of the program. We attribute this to the pace synchronization of the human and the robot. Similar effects are observed in other cooperative activities. Our result suggests that anthropomorphic robots can be used in scenarios that involve an equal distribution of duties between a robot and a human.

**Keywords:** anthropomorphic robot, sense of agency, joint agency, human-machine interaction, human-machine interaction, reaction games