

Анализ тенденций изменения мирового орбитального грузопотока

© П.М. Бечаснов, И.П. Дроздов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Российская Федерация

Представлено комплексное исследование влияния макроэкономических показателей ведущих космических держав на параметры их пусковой активности за период 1991–2025 гг. Была выявлена и формализована статистическая зависимость между объемом валового внутреннего продукта по паритету покупательной способности и интенсивностью пусковой активности. Проанализирована динамика пусков, распределенная по классам ракет-носителей и целевым орбитам. Особое внимание уделено феномену увеличения грузопотока на низкие околоземные орбиты, обусловленному разворачиванием многоспутниковых группировок связи, и анализу устойчивости данной тенденции в долгосрочной перспективе. Установлено, что для большинства государств отношение массы созданных внутри страны полезных нагрузок к объему экономики остается примерно постоянным, что позволяет использовать данный показатель в качестве базового ограничения при разработке перспективных средств выведения. Результаты работы формируют фактологическую и методологическую основу для последующего прогнозирования национальных грузопотоков, в частности, для оценки перспектив развития пусковой деятельности Российской Федерации в условиях меняющейся структуры мирового космического рынка.

Ключевые слова: пусковая программа, орбитальный грузопоток, валовый внутренний продукт, стоимость выведения, ракеты-носители

Введение. В течение практически всего времени существования российской космонавтики наблюдается постепенный спад ежегодного количества пусков и выводимой в космос массы грузов. При этом публикуемые официальные прогнозы количества пусков [1], предусматривающие их увеличение, основываются на предположении о достижении целей Национального проекта «Космос» [2]. Однако «Федеральная космическая программа 2015–2025» была выполнена не более чем на 15 % [3] в первую очередь из-за проблем с финансированием [4].

Космическая деятельность современных государств тесно увязана с их экономической активностью. Размер экономики потенциально влияет на непосредственный спрос на космические услуги, а также определяет возможный объем заказов и инвестиций в ракетно-космической отрасли. Поэтому представляет интерес анализ взаимосвязи экономики государства с количеством запускаемых им ракет-носителей (РН) и с суммарной массой выводимых им космических аппаратов (КА), т. е. с орбитальным грузопотоком.

Влияние состояния экономики страны в настоящее время не полностью учитывается в долгосрочном прогнозировании пусковой активности, что, в свою очередь, может приводить к неверным оценкам

целевой грузоподъемности и серийности проектируемых РН. Ключевая особенность современной космонавтики — лавинообразное возрастание количества запусков РН в отдельных странах, для чего требуется понимание фундаментальных экономических ограничений для остальных участников рынка.

Цель данной работы — выявить мировые тенденции изменения орбитального грузопотока на основе анализа статистических данных о взаимосвязи пусковой активности и экономики, а также создать фактологическую базу для последующего прогнозирования как глобального, так и национального российского орбитального грузопотока. Для этого необходимо:

- проанализировать зависимость количества пусков РН и выводимой массы по государствам-операторам РН и КА от величины их валового внутреннего продукта (ВВП);

- оценить тенденции изменения количества пусков РН разных классов и целевых для этих пусков орбит и траекторий.

Материалы и методы. Для основных стран-участниц космической деятельности выполнен анализ следующих показателей:

- отношение ВВП государства по паритету покупательной способности (ППС) к числу обеспечиваемых им космических пусков в качестве как оператора запуска, так и оператора полезной нагрузки;

- номинальный национальный грузопоток государства в качестве оператора запуска и в качестве оператора полезной нагрузки к его ВВП по ППС;

- доли пусков и грузопотока, обеспечиваемых РН разных классов;

- средняя масса полезной нагрузки (ПН) в пуске;

- доля и абсолютное количество пусков на основные целевые орбиты и траектории.

Валовый внутренний продукт по ППС — достаточно комплексный показатель, отражающий только размер экономики в целом без учета ее структуры и технологического уровня. Более точной была бы оценка, учитывающая размер бюджета национальных космических агентств, долю оборонных расходов в этом бюджете, долю оборонных программ в космической деятельности и т. д. Однако большая часть этих показателей не публикуется, поэтому практически нереально связать, например, бюджет Национального управления военно-космической разведки США с частотой запусков и массой заказываемых им КА.

Объем располагаемой трудоемкости в национальной экономике отражает ВВП по ППС, что позволяет сопоставить ее с трудоемкостью, необходимой для создания космической техники. Поскольку именно к этой трудоемкости можно привязать стоимость создания космической техники [5], имеет смысл использовать данный показатель для оценки реальной доли общественного труда, затрачиваемого на космическую деятельность.

Корреляция количества пусков с ВВП. Наиболее просто определяемым и информативным показателем корреляции пусковой и экономической активности государства является отношение $N/C_{\text{ВВП}}$, где N — число пусков РН государством как оператором пусков за тот же год [6]; $C_{\text{ВВП}}$ — ВВП государства по ППС за год в долларовом исчислении [7]. При этом пуск относился к числу проведенных государством, если в нем использовалась созданная принадлежащей ему компанией РН, т. е. пуски РН «Союз» с космодрома Куру относились к российским, а пуски РН Electron — к американским. Начиная с 1991 г. Европейский союз рассматривался как единый пусковой оператор, что позволило точнее отразить масштабы национального производства РН. Для повышения информативности на рис. 1 показатель N отображен как безразмерный, в виде отношения к среднемировому значению, т. е. $N_{\text{отн}} = \frac{C_{\text{ВВП мир}}}{N_{\text{мир}}} \frac{N}{C_{\text{ВВП}}}$, где $C_{\text{ВВП мир}}$ и $N_{\text{мир}}$

— соответствующие общемировые показатели. Количество пусков от года к году на всех графиках показано как значение, осредненное на трехлетнем интервале. Такое сглаживание позволяет отсеять резкие колебания количества пусков на интервале типовой продолжительности производства РН и КА, происходящие, например, из-за переносов пусков на следующий год из-за неготовности составных частей миссии. Временной масштаб анализируемых процессов изменения пусковой активности и ВВП, как правило, значительно больше, поэтому сглаживание делает графики более наглядными и не вносит значимой погрешности в наблюдаемые тенденции.

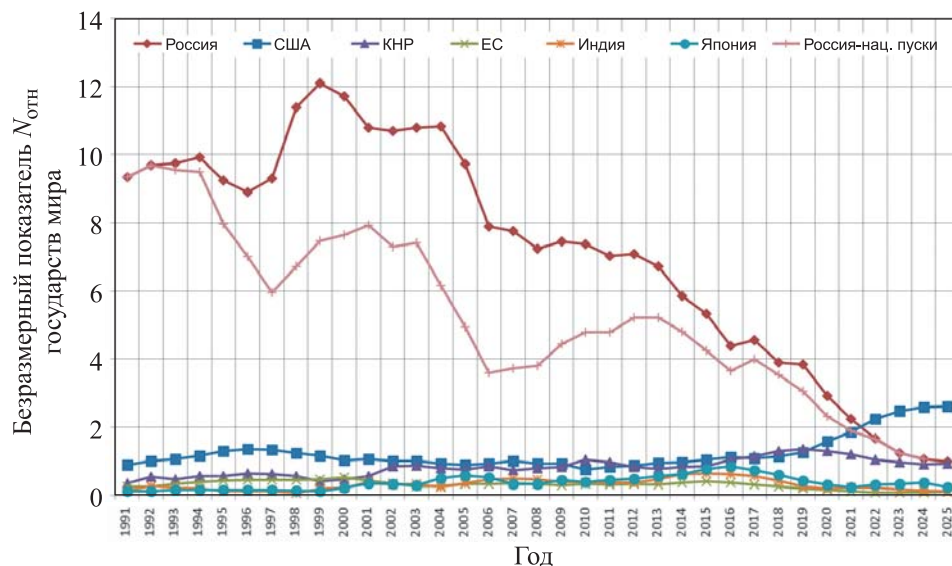


Рис. 1. Безразмерный показатель $N_{\text{отн}}$ государств мира

Российский показатель $N_{\text{отн}}$, на порядок превышавший в 1991 г. среднее значение, асимптотически стремится к нему, и на 2025 г. тенденция к падению еще не исчерпана. В то же время $N_{\text{отн}}$ существенно увеличивается для США в первую очередь вследствие деятельности SpaceX, причем его рост остановился в 2025 г. Для КНР значение $N_{\text{отн}}$ также близко к среднемировому, в то время как для ЕС, Японии и Индии оно значительно ниже его, что отражая малое количество пусков национальных РН при значимом размере экономики.

Особый интерес вызывает представленный график для России, построенный с учетом только национальных ПН, без коммерческих пусков. На нем тенденция к спаду $N_{\text{отн}}$ выражена более четко, и она имеет локальные минимумы в районах национальных экономических кризисов.

Отношение $C_{\text{ВВП}}/N$ для мира в целом приведено на рис. 2. Величина этого показателя без учета пусков для развертывания системы Starlink отображена отдельной кривой. Почти весь исследуемый промежуток времени мировая экономика росла быстрее, чем повышалась пусковая активность. Такая тенденция стала изменяться только в последние несколько лет, причем в основном благодаря запускам Starlink, а если их не учитывать, поведение кривой в 2024–2025 гг. возвращается к историческому.

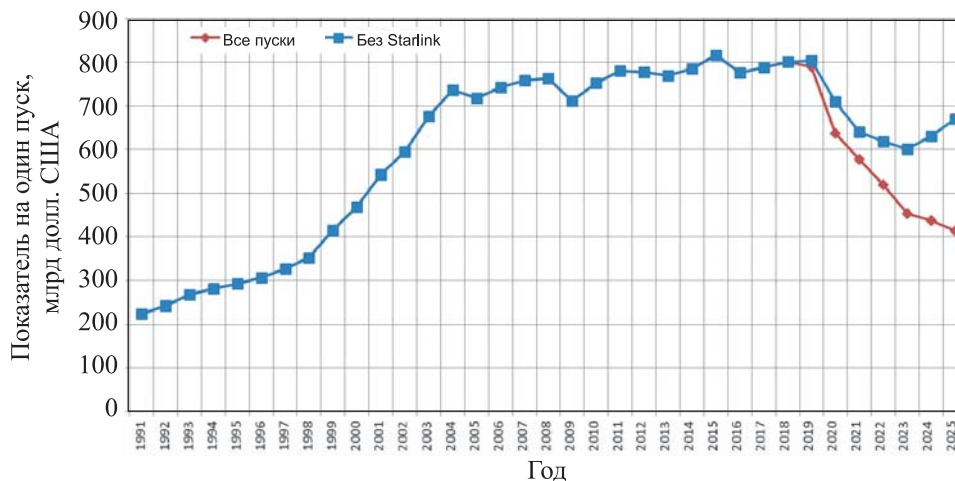


Рис. 2. Среднемировой показатель $C_{\text{ВВП}}/N$ на один пуск

Корреляция орбитального грузопотока с ВВП. Поскольку и стоимость пуска РН, и стоимость ее ПН существенно зависит от грузоподъемности ракеты-носителя, более точным показателем является отношение ВВП по ППС к выведенной на орбиту массе КА за год. В связи с тем, что выведение проводится на различные орбиты,

а сведения о массе значительной части КА не публикуются, вместо значения фактической массы было использовано значение номинального орбитального грузопотока $M_{\text{ном}}$. Хотя данный показатель и не учитывает реальную долю загрузки РН и снижение ее ПН при выведении на высокие орбиты, он отражает масштаб космической программы как целого. В дальнейшем под «грузопотоком» понимается именно номинальный, который вычислялся по формуле

$$M_{\text{ном}} = \sum_k P_k n_k,$$

где P_k — масса ПН k -го носителя, т, при запуске на низкие околоземные орбиты (НОО); n_k — число запусков соответствующего носителя за рассматриваемый год.

Был составлен перечень РН, использовавшихся с 1991 по 2025 г. Для каждой РН номинальная масса ПН бралась такой же, как при запуске на опорную для базового космодрома орбиту в соответствии с опубликованной информацией. Аналогично предыдущему разделу, значение относительного показателя рассчитывалось относительно среднемирового $Ind_{\text{мир}}$, т. е.

$$Ind_{\text{отн}} = \frac{Ind_{\text{мир}}}{Ind_{\text{нац}}} = \frac{M_{\text{ном}} C_{\text{ВВП } \Sigma}}{C_{\text{ВВП}} \cdot M_{\text{ном } \Sigma}}.$$

Суммарный $M_{\text{ном}}$ основных операторов пусков РН, выраженный в тоннах, представлен на рис. 3. Российский $M_{\text{ном}}$ в целом снижался в течение всего интервала исследования с формированием антирекорда в 2025 г.

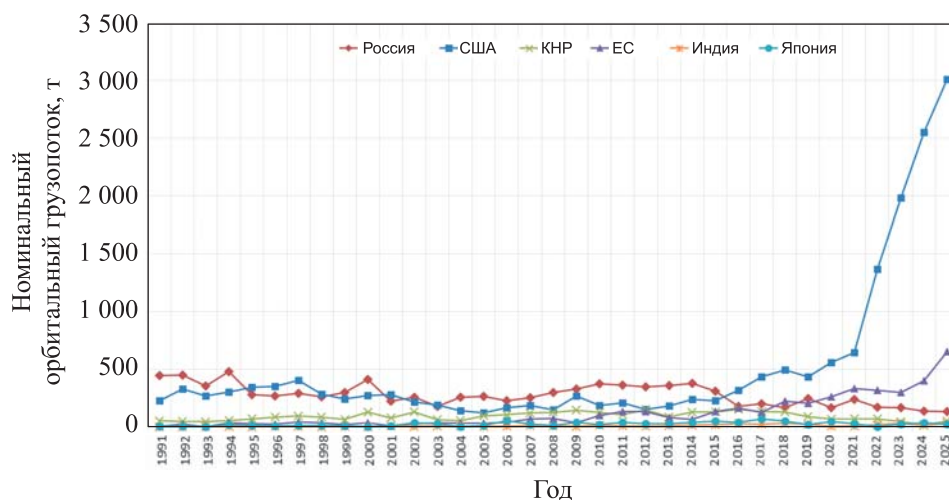


Рис. 3. Номинальный орбитальный грузопоток $M_{\text{ном}}$ основных запускаящих государств

За это время грузопоток США, КНР и Индии вырос практически на порядок для каждой из стран с формированием национального рекорда в 2025 г., для ЕС сравнительно слабо изменился, а для Японии резко увеличился в начале 2000-х г. и с тех пор в среднем также мало изменялся.

Отношение $Ind_{отн}$ для стран мира показано на рис. 4, причем для РФ $Ind_{отн}$ имеет такой же характер изменения, что и $N_{отн}$. К концу 2025 г. тренд на снижение $M_{ном}$ также не исчерпан. При этом $Ind_{отн}$ США быстро возрастал с 2014 до 2025 г., как и у КНР, он также увеличивался, но медленнее.

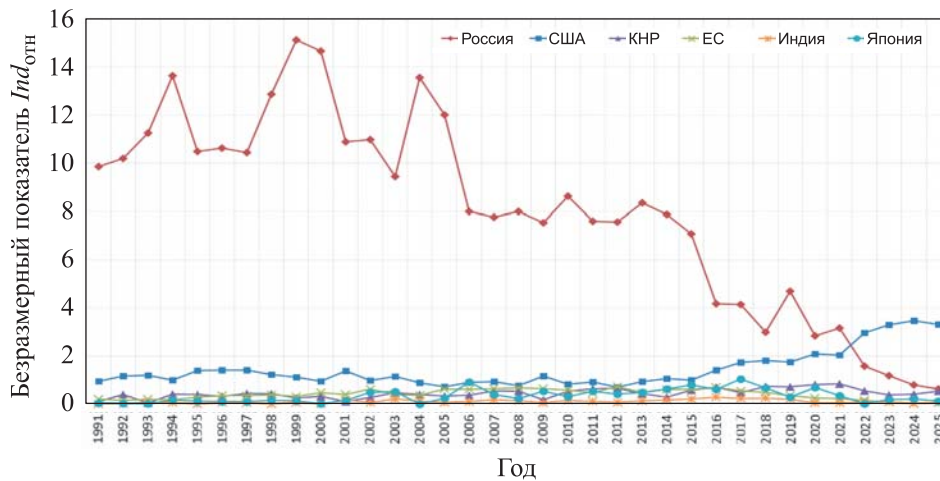


Рис. 4. Безразмерный показатель $Ind_{отн}$ для государств мира

Национальные показатели $Ind_{нац}$ без обезразмеривания представлены на рис. 5. Начиная с 2014 г. развитие экономики ЕС и Индии не сопровождалось соразмерным увеличением $M_{ном}$ (хотя 2025-й г., видимо,

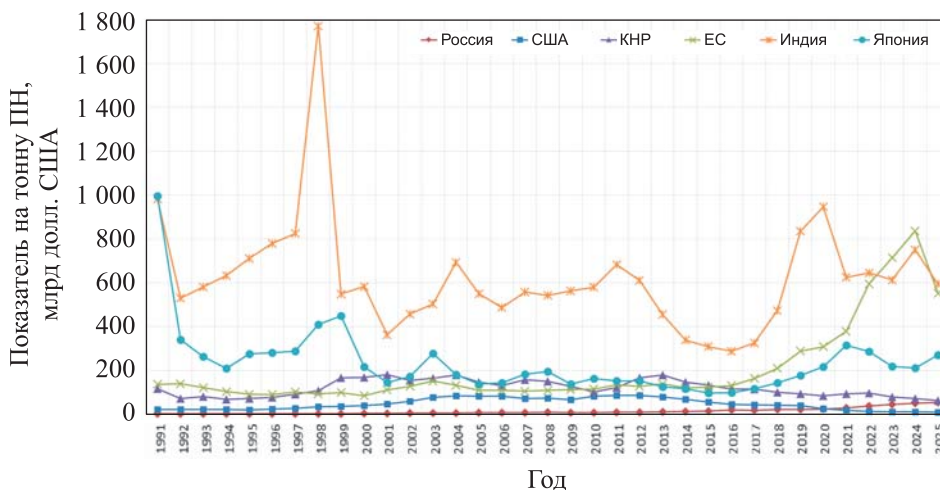


Рис. 5. Показатели $Ind_{нац}$ для государств мира

можно считать для них в этом аспекте переломным). Следует отметить, что КНР и США постепенно увеличивают $Ind_{нац}$, а Россия и Япония — снижают.

Историческая динамика $Ind_{мир}$ показана на рис. 6. Размер экономики, потребный для поддержания грузопотока, постоянно возрастает, если не учитывать Starlink.

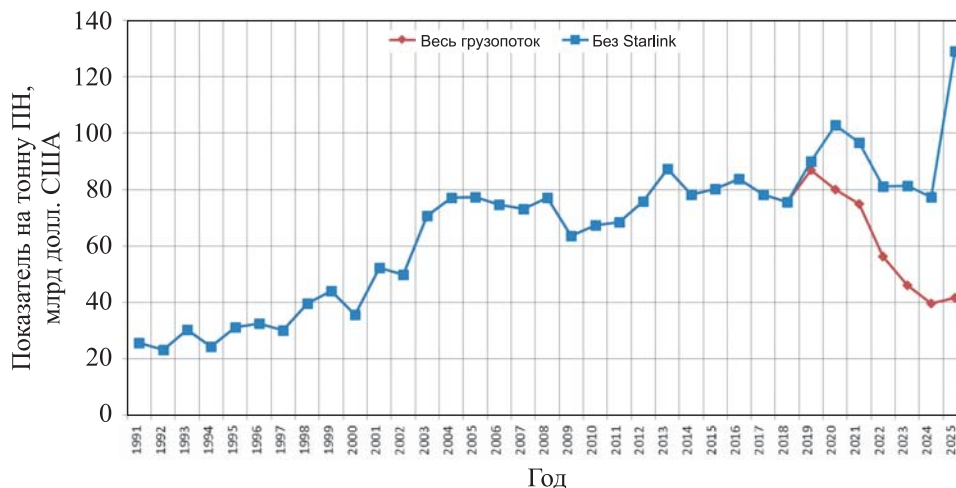


Рис. 6. Историческая динамика $Ind_{мир}$

Корреляция национального орбитального грузопотока с ВВП.

При проведении анализов, представленных ранее, учитывались пуски по принадлежности к государству-производителю РН. Однако для объяснения тенденций изменения $Ind_{нац}$ необходимо учитывать перераспределение ПН между государствами. Грузопоток РФ и КНР в основном формируется КА собственного производства, однако ряд пусков американских РН производится с европейскими и японскими КА, в то время как обратная ситуация практически не встречается. Зарубежные ПН составляют значительную часть пусковой программы РН Falcon-9 и Electron (табл. 1).

Следует отметить, что особенным случаем является группировка связи Starlink, формируемая SpaceX. Количество пусков в ее интересах в последнее время превысило количество пусков, совершаемых в интересах заказчиков. При этом необходимо учитывать следующие обстоятельства. В 2024 г. выручка от сервисов Starlink составила 2,7 млрд долл. (что сопоставимо с полным годовым объемом финансирования Госкорпорации «Роскосмос») при операционной прибыли всего 72 млн долл. Проектная стоимость развертывания системы превышает 10 млрд долл. [8]. Основной рынок ее сбыта — Европа, которая ведет разработку собственного аналога [9], причем ранние прогнозы предсказывали втрое более высокую выручку [10]. Кроме

того, во многих развивающихся странах работа Starlink пока запрещена законодательно [11], и на этом рынке, скорее всего, будет работать китайская система Guowang [12].

Таблица 1

Пуски РН Falcon 9 и Electron по принадлежности ПН с 2014 по 2025 г.

Пуски	Количество пусков в год											
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Falcon 9												
Всего:	6	6	8	18	21	13	26	31	61	96	133	165
Starlink	0	0	0	0	0	2	14	17	34	63	88	122
Заказные ПН из них: иностранн ые националь- ные	6	6	8	18	21	11	12	14	27	33	45	43
	3	2	6	6	9	5	2	4	15	17	17	14
	3	4	2	12	12	6	10	10	12	16	28	29
Electron												
Всего:	—	—	—	1	3	6	7	6	9	9	14	18
из них: иностранн ые ПН националь- ные ПН	—	—	—	0	0	1	2	1	3	1	10	11
	—	—	—	1	3	5	5	5	6	8	4	7

Можно констатировать, что в настоящее время долгосрочная рентабельность и реализуемость самокупаемой системы широкополосной низкоорбитальной спутниковой связи пока не доказаны, а необходимый размер инвестиций для построения и поддержания подобной системы как планомерно убыточной представляет значительные затруднения. Поэтому представляет интерес анализ грузопотока США в двух вариантах — с учетом Starlink и без его учета.

Статистика по наиболее часто запускаемым ракетам-носителям США — Falcon-9 и Electron приведена в табл. 1. Представлено разделение общего количества пусков на выведшие на орбиту иностранную и национальную полезные нагрузки. Пуском с иностранной ПН считался такой, в котором ПН иностранного производства была единственной или основной (по массе) в групповом пуске. Для Falcon-9 отдельно показаны собственные пуски SpaceX по выведению аппаратов группировки Starlink. Доля пусков Falcon-9 для обеспечения развертывания Starlink постоянно нарастает и ужекратно превосходит долю коммерческих заказов. Темпы прироста количества заказных пусков гораздо скромнее, чем темп прироста их общего числа, причем в 2025 г. был отмечен спад. Для обеих РН доля иностранных ПН исторически велика, а в некоторые годы достигала и даже превышала половину.

Начиная с 2019 г. для РН Electron количество пусков с национальными ПН США слабо возрастает. В основном в качестве иностранных с ее помощью выводятся КА стран ЕС и Японии, причем в этих обеих юрисдикциях активно ведется разработка конкурирующих РН данного класса. В 2025 г. количество пусков РН Falcon-9 с зарубежными ПН снизилось, в первую очередь, из-за перевода их на РН собственного производства. Таким образом, за последние годы подавляющая доля значительного прироста $M_{\text{ном}}$ США обусловлена запусками иностранных ПН, а также реализацией проекта Starlink. Однако клиенты американских пусковых компаний предпринимают усилия по суверенизации грузопотока, а долговременная стабильность грузопотока в поддержание развертывания Starlink пока не доказана.

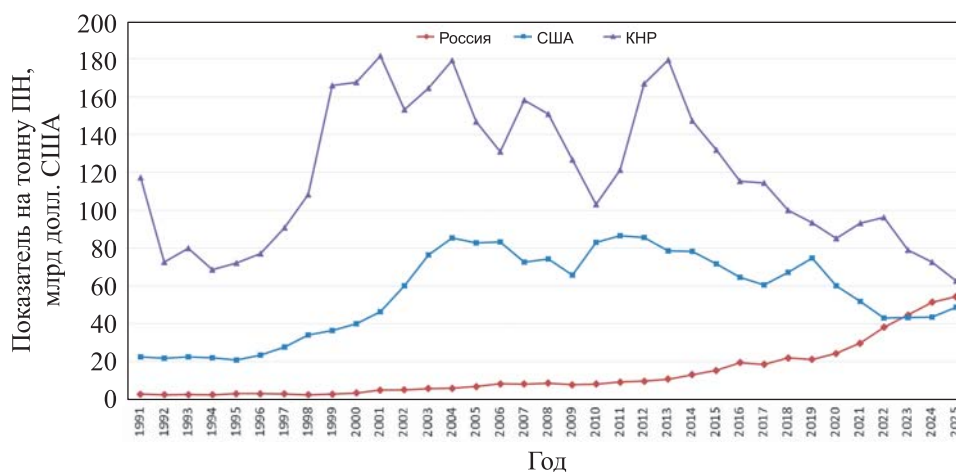


Рис. 7. Показатели $Ind_{\text{нац}}$ без учета иностранных ПН и проектов широкополосной низкоорбитальной связи с осреднением на трехлетнем интервале

Отношение показателей $Ind_{\text{нац}}$ в части выведения ПН национального производства представлено на рис. 7. Для США этот показатель не имеет качественного превышения аналогичного показателя КНР, а в последнее время разрыв между ними полностью преодолен. Однако для РФ последние годы характеризуются ухудшением и этого показателя, причем без тенденции к стабилизации. Для понимания причин данного процесса необходимо исследовать изменения в характеристиках выводимых полезных нагрузок.

Соотношение классов РН по грузоподъемности. Проанализированная выше динамика количества пусков РН и суммарного грузопотока приводит к изменению соотношения различных классов РН в космических программах. Историческая динамика средней массы ПН в пуске как отношения номинального грузопотока к количеству

пусков показана на рис. 8, на котором видно, что рост грузопотока США и КНР привел к их переходу на более тяжелые РН, в то время как его спад в ЕС и РФ — соответственно, на более легкие.

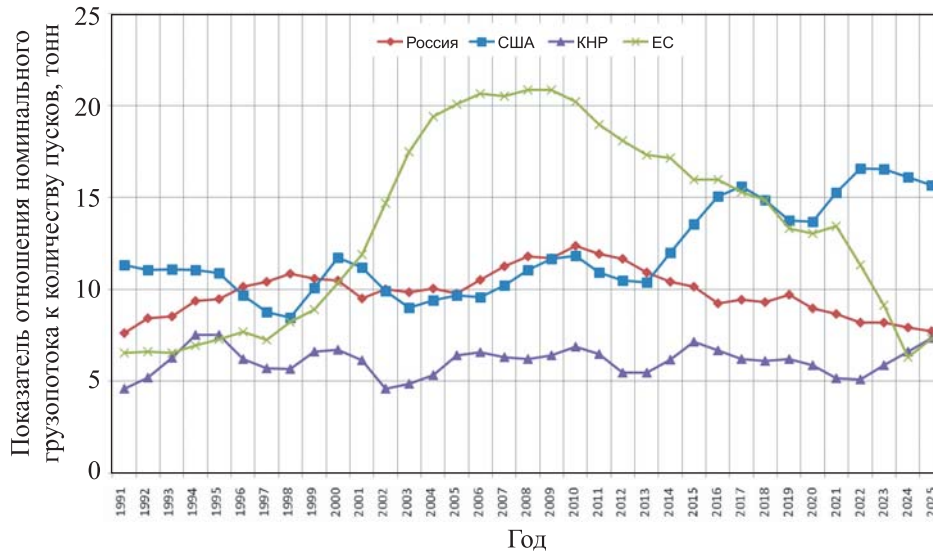


Рис. 8. Средняя ПН в пуске РН по основным космическим программам

В итоге в 2025 г. для всех показанных программ, кроме американской, средняя масса ПН временно пришла к единой величине, составляющей около 7 т. При этом из-за использования США одной и той же РН Falcon 9 среднего класса для выведения ПН в широком диапазоне их масс средняя величина может завышаться, так как для ее определения используется номинальный грузопоток. Для того чтобы учесть это обстоятельство, можно проанализировать фактическую массу выводимой ею ПН и условно отнести к пускам в легком классе те, в которых эта масса составляла менее 5 т. В грузопотоке SpaceX (за исключением спутников Starlink, которые всегда выводятся на низкие орбиты при полной загрузке РН в многократной конфигурации) систематически возрастает доля пусков в легком классе и снижается доля высокоорбитальных ПН. Поэтому средняя ПН Falcon 9 в заказных пусках фактически снижается (рис. 9).

В целом доля пусков на геостационарную орбиту (ГСО), для которых в основном используются тяжелые РН, с 2014 г. снижается, с выходом, впрочем, на плато в последние годы (рис. 10). Это происходит с целью увеличения доли пусков на НОО и объясняется повышением удельных характеристик геостационарных КА и развертыванием низкоорбитальных систем связи. Доля пусков на высокие орбиты (ВО) и отлетные траектории невелика, и она остается приблизительно постоянной.

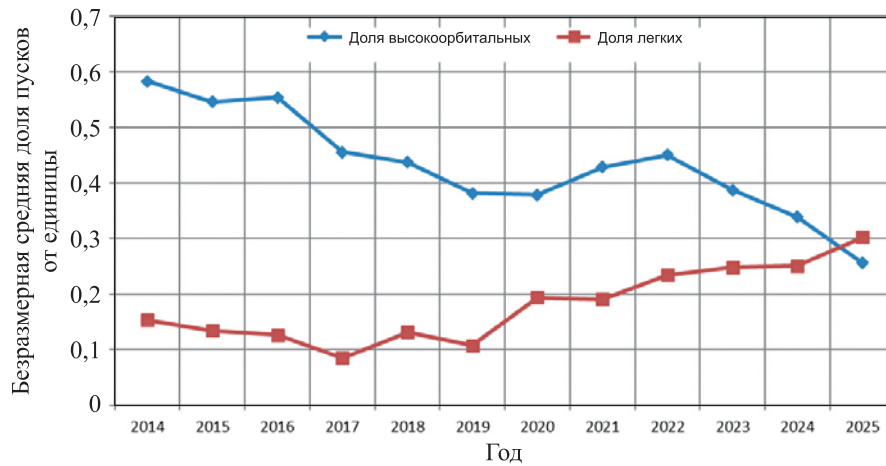


Рис. 9. Безразмерная средняя доля пусков Falcon 9 с ПН для РН легкого класса и на высокие орбиты среди заказных (с осреднением на трехлетнем интервале)

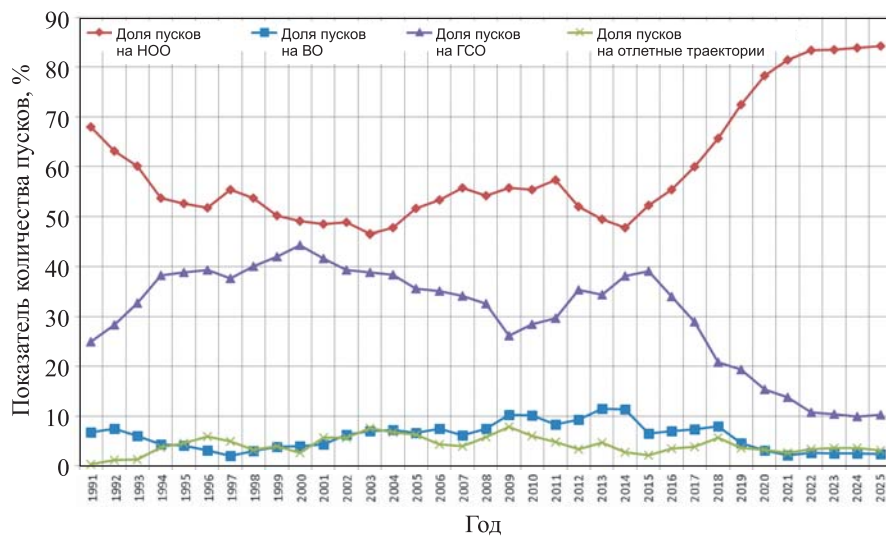


Рис. 10. Осредненное на трехлетнем интервале количество пусков на типовые орбиты и траектории

Эти данные, однако, в последние годы значительно зашумлены активным развертыванием системы Starlink, что увеличивает наблюдаемую долю низкоорбитальных пусков и не позволяет проследить тенденции фактического изменения количества пусков на иные орбиты. Поэтому количество пусков на орбиты, отличные от низких, приведены на рис. 11.

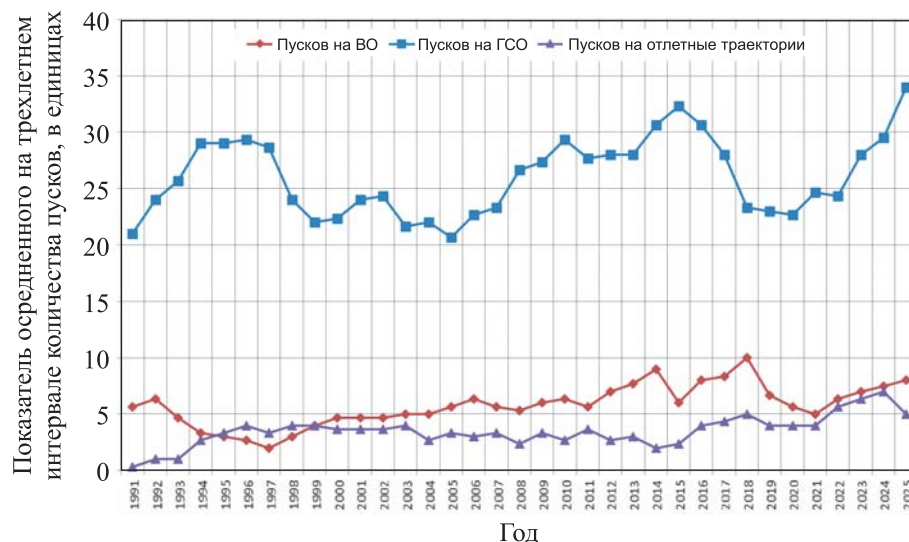


Рис. 11. Осредненное на трехлетнем интервале количество пусков на орбиты и траектории, отличные от НОО

Во всех трех исследуемых категориях отмечается если не стагнация, то очень слабый рост, существенно уступающий росту мировой экономики за рассмотренный период. Приходится констатировать, что фактически весь рост пусковой активности приходится на низкие орбиты, а доля ресурсов, уделяемая отлетным и высокоорбитальным миссиям, снижается. Поэтому отдельный интерес представляет статистика задействования РН сверхлегкого и легкого классов, используемых в основном для выведения на НОО. Их доля в общем количестве пусков представлена на рис. 12 и 13.

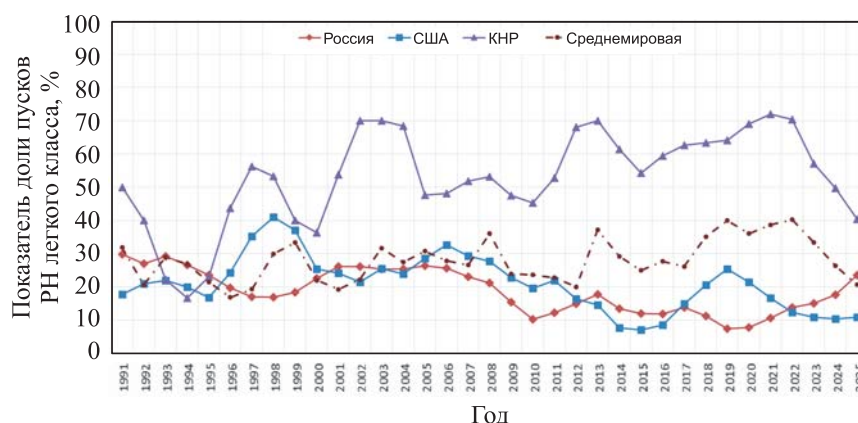


Рис. 12. Показатель количества пусков РН легкого класса в России, США и КНР

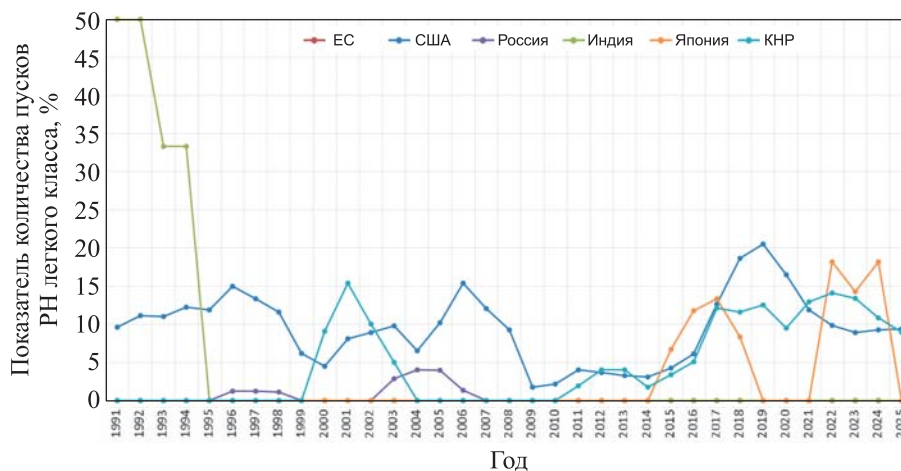


Рис. 13. Показатель количества пусков РН сверхлегкого класса в основных запусках государств мира, %

Доля РН легкого класса изменяется в соответствии с изменением национального грузопотока, проанализированного выше. КНР, ранее активно эксплуатировавшая РН легкого класса и являвшаяся лидером в их применении, значительно снизила их использование. У США их доля падает до исторического минимума. В России применение легких РН постепенно нарастает в последние годы, хотя ранее и снижалось. В целом по мировой космонавтике доля легких РН остается приблизительно постоянной.

На протяжении всего исследуемого периода использование РН сверхлегкого класса остается сравнительно малым и не имеет тенденции к относительному росту во всех космических программах мира. Ввиду значительной удельной стоимости выведения они применяются только при отсутствии возможности использования РН большей грузоподъемности. Тем не менее за ними все же сохраняется их сегмент рынка.

В России до 2008 г. отмечается рост доли пусков тяжелых РН при одновременном снижении средних и легких (рис. 14). Начиная с этого года наблюдается тенденция к переходу все большего количества пусков на РН среднего класса, вплоть до доминирования на рынке в 2020 г. Однако после этого отмечается рост использования легких РН, связанный, видимо, с миниатюризацией отечественных аппаратов и прекращением коммерческих пусков зарубежных ПН.

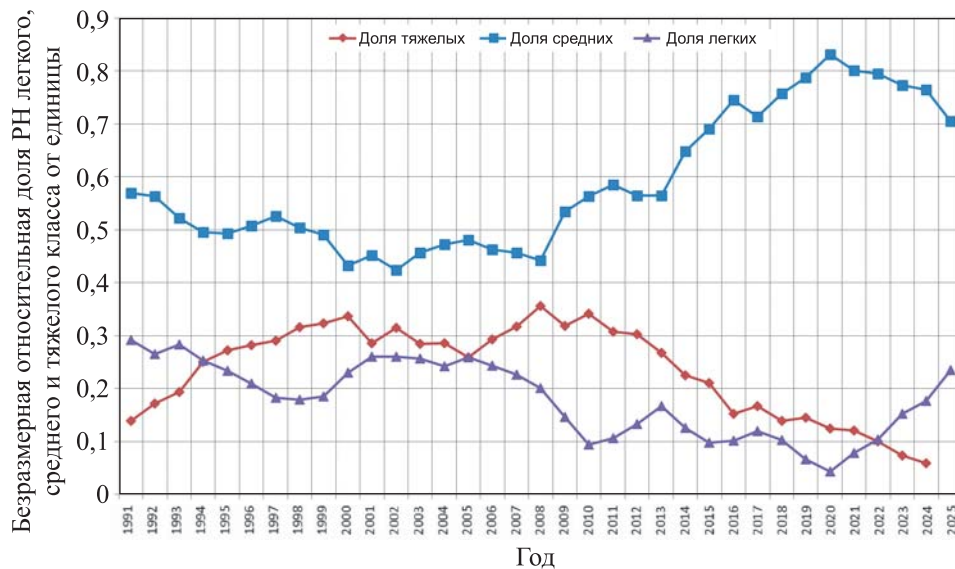


Рис. 14. Относительные доли РН легкого, среднего и тяжелого класса в российских космических пусках

Заключение. В результате проведенных исследований была проанализирована по государствам-операторам РН и КА зависимость от их ВВП среднегодового количества запусков РН и выводимой массы, показавшая, что отношение указанных параметров к ВВП остается приблизительно постоянным для большинства государств. Рост этих показателей для США в последние годы обусловлен привлечением иностранных ПН и активным разворачиванием системы Starlink, экономическая стабильность которой в качестве источника грузопотока пока не доказана. Также проведена оценка тенденции изменения количества пусков РН различных классов и целевых для этих пусков орбит и траекторий, заключающиеся в сосредоточении мирового роста количества пусков и грузопотока исключительно на низких орбитах при стагнации остальных целевых орбит и траекторий в абсолютном выражении. При этом средняя грузоподъемность РН изменяется в соответствии с изменением национального грузопотока.

Таким образом, задачи работы выполнены и достигнута цель формирования фактологической базы для прогнозирования глобального и национального российского орбитального грузопотока.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] «Роскосмос» рассказал подробности космического нацпроекта. *РИА Новости*. URL: <https://ria.ru/20250617/roskosmos-2023300145.html> (дата обращения 10.03.2026).
- [2] Космические планы. Глава «Роскосмоса» раскрыл детали нового нацпроекта. *Expert.ru*. URL: <https://expert.ru/promishlennost/kosmicheskie-plany/> (дата обращения 10.03.2026).

- [3] Итоги Федеральной космической программы 2015–2025. *Aftershock.news*. URL: <https://aftershock.news/?q=node/1573041&page=1> (дата обращения 10.03.2026).
- [4] Федеральную космическую программу до 2025 года урезали на 150 млрд рублей. *TACC*. URL: <https://tass.ru/kosmos/9280803> (дата обращения 10.03.2026).
- [5] Koelle D.E. *Handbook of cost engineering for space transportation systems (revision 2) with Transcost 7.2: statistical-analytical model for cost estimation and economical optimization of launch vehicles*. Ottobrunn, Liebigweg TransCost-Systems. 2007.
- [6] Krebs G.D. Chronology of Space Launches. *Gunter's Space Page*. URL: <https://space.skyrocket.de/directories/chronology.htm> (дата обращения 10.03.2026).
- [7] GDP based on PPP valuation of country GDP. *World Bank Open Data*. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD> (дата обращения 10.03.2026).
- [8] SpaceX's Starlink Profit Isn't Enough to Fund Starship Show Financial Statements. *WCCF TECH*. URL: <https://wccftech.com/spacexs-starlink-profit-isnt-enough-to-fund-starship-show-purported-financial-statements/> (дата обращения 10.03.2026).
- [9] France is betting Eutelsat can become Europe's answer to Starlink — but experts aren't convinced. *CNBC*. URL: <https://www.cnbc.com/2025/06/29/eutelsat-europe-starlink.html> (дата обращения 10.03.2026).
- [10] Starlink set to hit \$11.8 billion revenue in 2025, boosted by military contracts. *Spacenews*. URL: <https://spacenews.com/starlink-set-to-hit-11-8-billion-revenue-in-2025-boosted-by-military-contracts/> (дата обращения 10.03.2026).
- [11] Starlink Availability Map. *Starlink*. URL: <https://starlink.com/map> (дата обращения 10.03.2026).
- [12] China's Guowang megaconstellation is more than another version of Starlink. *Ars Technica*. URL: <https://arstechnica.com/space/2025/08/china-may-have-taken-an-early-lead-in-the-race-for-a-military-megaconstellation/> (дата обращения 10.03.2026).

Статья поступила в редакцию 16.03.2026

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Бечаснов П.М., Дроздов И.П. Анализ тенденций изменения мирового орбитального грузопотока. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2026, вып. 8.
EDN JHACCI

Бечаснов Павел Михайлович — канд. техн. наук, доцент кафедры «Космические аппараты и ракеты-носители» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: bechasnov@bmstu.ru
SPIN-код: 7996-8716

Дроздов Илья Павлович — студент кафедры «Космические аппараты и ракеты-носители» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: ilya.drozдов05@mail.ru
SPIN-код: 8876-7947

Analysis of Global Orbital Cargo Flow Trends

© P.M. Bechasnov, I.P. Drozdov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation

A comprehensive study was conducted to investigate the impact of macroeconomic indicators of leading spacefaring nations on their launch activity parameters over the period from 1991 to 2025. A statistical relationship between gross domestic product at purchasing power parity and the intensity of orbital cargo flow formation was identified and formalized. The dynamics of launches, categorized by launch vehicle class and target orbit, were analyzed. Particular attention was paid to the growth of cargo flow to low Earth orbit, driven by the deployment of large satellite communication constellations, and the long-term sustainability of this trend was assessed. It was established that, for most countries, the ratio of the mass of domestically developed payloads to the size of the national economy remains relatively constant. This ratio can therefore be used as a baseline constraint in the planning of future launch systems. The results obtained provide a factual and methodological basis for forecasting national orbital cargo flows, particularly for assessing the prospects for the development of the Russian Federation's launch activities under the evolving structure of the global space market.

Keywords: launch program, orbital cargo flow, gross domestic product, launch cost, launch vehicles, low Earth orbit

REFERENCES

- [1] “Roskosmos” rasskazal podrobnosti kosmicheskogo natsproekta [“Roscosmos” revealed details of the national space project]. *RIA Novosti*. Available at: <https://ria.ru/20250617/roskosmos-2023300145.html> (accessed March 10, 2026).
- [2] Kosmicheskie plany. Glava “Roskosmosa” raskryl detali novogo natsproekta [Space plans. The head of Roscosmos revealed details of the new national project]. *Expert.ru*. Available at: <https://expert.ru/promishlennost/kosmicheskie-plany/> (accessed March 10, 2026).
- [3] Itogi Federalnoy kosmicheskoy programmy 2015–2025 [Results of the Federal Space Program 2015–2025]. *AfterShock.news*. Available at: <https://aftershock.news/?q=node/1573041&page=1> (accessed March 10, 2026).
- [4] Federalnuyu kosmicheskuyu programmu do 2025 goda urezali na 150 mlrd rubley [Federal Space Program until 2025 was reduced by 150 billion rubles]. *TASS*. Available at: <https://tass.ru/kosmos/9280803> (accessed March 10, 2026).
- [5] Koelle D.E. *Handbook of Cost Engineering for Space Transportation Systems (Revision 2) with TransCost 7.2: Statistical-Analytical Model for Cost Estimation and Economical Optimization of Launch Vehicles*. Ottobrunn, TransCost-Systems, 2007.
- [6] Krebs G.D. *Chronology of Space Launches. Gunter's Space Page*. Available at: <https://space.skyrocket.de/directories/chronology.htm> (accessed March 10, 2026).
- [7] GDP based on PPP valuation of country GDP. *World Bank Open Data*. Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD> (accessed March 10, 2026).
- [8] SpaceX's Starlink Profit Isn't Enough to Fund Starship, Show Financial Statements. *WCCFTECH*. Available at: <https://wccftech.com/spacexs-starlink-profit-isnt-enough-to-fund-starship-show-purported-financial-statements/> (accessed March 10, 2026).

- [9] France Is Betting Eutelsat Can Become Europe's Answer to Starlink — but Experts Aren't Convinced. *CNBC*. Available at: <https://www.cnn.com/2025/06/29/eutelsat-europe-starlink.html> (accessed March 10, 2026).
- [10] Starlink Set to Hit \$11.8 Billion Revenue in 2025, Boosted by Military Contracts. *SpaceNews*. Available at: <https://spacenews.com/starlink-set-to-hit-11-8-billion-revenue-in-2025-boosted-by-military-contracts/> (accessed March 10, 2026).
- [11] Starlink Availability Map. *Starlink*. Available at: <https://starlink.com/map> (accessed March 10, 2026).
- [12] China's Guowang Megaconstellation Is More Than Another Version of Starlink. *Ars Technica*. Available at: <https://arstechnica.com/space/2025/08/china-may-have-taken-an-early-lead-in-the-race-for-a-military-megaconstellation/> (accessed March 10, 2026).

Bechasnov P.M., Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Department of Spacecraft and Launch Vehicles, Bauman Moscow State Technical University.
e-mail: bechasnov@bmstu.ru SPIN-code: 7996-8716

Drozdov I.P., Student, Department of Spacecraft and Launch Vehicles, Bauman Moscow State Technical University. e-mail: ilya.drozdov05@mail.ru SPIN-code: 8876-7947