

## НАУЧНЫЕ КОНТАКТЫ ЛОМОНОСОВА И ЭЙЛЕРА ПО ПРОБЛЕМАМ МЕХАНИКИ

Будучи академиком Российской академии наук, Л. Эйлер проработал в Петербурге более тридцати лет. М. В. Ломоносов, который был моложе Эйлера на четыре с половиной года, тоже работал в Петербурге двадцать девять лет. Но они не были лично знакомы, так как в июне 1741 г., когда Эйлер покинул Петербург, выехав в Берлин, тогда же Ломоносов возвратился из командировки (стажировки), которую проходил в Германии. Ломоносов мог видеть и встречать Л. Эйлера в 1736 г., когда он был студентом Петербургского университета в течение восьми месяцев, после чего в числе трёх способных студентов был послан на стажировку в Германию. Однако позже установилась переписка Ломоносова с Эйлером, причем из ответов Эйлера Ломоносову сохранились не все письма, а только отдельные фрагменты, ибо администрация Академии, настроенная резко против Ломоносова, оставляла письма Эйлера после прочтения их Ломоносовым у себя в канцелярии.

Из многочисленных и разнообразных сочинений Ломоносова, посвященных вопросам механики, можно назвать около десяти, не включая его многих статей о полярной навигации кораблей и астрономии. О некоторых из них Л. Эйлер давал чрезвычайно высокие отзывы, формально адресованные канцелярии Академии наук России. Для выдвижения Ломоносова на звание профессора, управляющий делами академической канцелярии И. Шумахер, направил две диссертации Ломоносова Эйлеру в Берлин в 1745 г. для отзыва. Полученный ответ гласил: «Все сии диссертации не токмо хороши, но и весьма превосходны, ибо он [Ломоносов] пишет о материях физических и химических весьма нужных, которые поныне не знали и истолковать не могли самые остроумные люди, что он учинил с таким успехом, что я совершенно уверен в справедливости его изъяснений. Желать должно, чтобы и другие Академии в состоянии были

произвести такие откровения, какие показал Ломоносов» На основании этого отзыва М. В. Ломоносов был избран профессором Петербургского академического университета (академиком) в 1745 г. 16 февраля 1748 г. М. В. Ломоносов в письме поблагодарил Эйлера за отзыв на диссертации. Это письмо и послужило началом их переписки.

5 июля 1748 г. М. В. Ломоносов пишет Л. Эйлеру письмо, являющееся серьезной и обстоятельной научной работой, посвященной, главным образом, проблеме тяготения. В этом письме М. В. Ломоносов сформулировал общий закон сохранения материи и движения: "...все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимается у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется какому-либо телу, столько же теряется у другого... Так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила движения: тело, которое своим толчком возбуждает другое к движению, столько же теряет от своего движения, сколько сообщает другому, им двинутому". [4, с. 113].

Ломоносов предлагал для разрешения вопрос: пропорциональна ли тяжесть тела его массе? По Эйлеру «Предложение 17. Сила инерции каждого тела пропорциональна количеству материи, из которой оно состоит». [3, с. 116]. На сомнения Ломоносова Эйлер отвечает: предложенный Ломоносовым вопрос, пропорционально ли количество материи *весу тела*, сам по себе был бы весьма важным, если бы можно было хоть сколько-нибудь надеяться получить основательные работы, вполне освящающие вопрос. Заметим, что ранее И. Ньютон в «Началах» осветил этот вопрос весьма обстоятельно. [5, с. 514 и ранее].

Подтверждение сформулированного закона сохранения вещества при химических превращениях Ломоносов получил, повторив опыт Р. Бойля. В 1673 г. английский ученый Р. Бойль сообщил о своих опытах, которые, по его мнению, доказывали весомость огня. Он нагревал запаянные реторты со свинцом, взвешивал свинец до нагревания и после и обнаружил, что вес

свинца увеличивается. Отсюда он сделал вывод, что во время прокаливания свинца через стенки реторты проникала материя огня, которая, прибавляясь к свинцу, превращала его в окалину и увеличивала его вес. В 1756 г. Ломоносов, повторяя опыт Бойля, взвешивал не металл до и после нагревания, а реторту, в которой находился этот металл во время обжига. При этом он нашел, что общий вес реторты с металлом при прокаливании не изменяется. Этими опытами была опровергнута гипотеза Бойля; был подтвержден один из самых основных естественнонаучных законов - закон сохранения вещества или массы. Лишь в 1789 г. А. Лавуазье проделал аналогичные опыты и пришел к тем же результатам.

Профессионально и творчески выполненным прудом по динамике твердого тела явился перевод Предисловия к сочинению Эйлера "Scientia navalis", сделанный Ломоносовым с латыни на русский язык в 1749 г. Проблема была новой и трудной и для Эйлера, который начинал практически с нуля в этой области, и для Ломоносова. В русском лексиконе совершенно не было научных терминов типа: вращательное движение, косинус, неустойчивое состояние равновесия, момент инерции твердого тела относительно оси. Остается удивляться, насколько доходчиво переводил Ломоносов сложнейшие положения механики, геометрии, тригонометрии. В противоположность введенному Ломоносовым и привившемуся впоследствии термину «устойчивость», неустойчивое состояние корабля или тела он назвал «падкостью».

Из множества разнообразных статей и очерков М. В. Ломоносова по естественнонаучным проблемам мы рассмотрим лишь немногие, в которых механистические воззрения Ломоносова раскрываются особенно ярко. В его сочинениях корпускулярное строение материи описывается весьма подробно, хотя термины для этого объекта часто видоизменяются: монады, атомы, нечувствительные физические частицы. В ранней юношеской работе (1739 г.) «Физическая диссертация о разделении смешанных тел, состоящих в сцеплении корпускул» дан эскиз программы о корпускулярном строении

тел природы, о промежуточном эфире речь не заходит, это будет оговорено позже. Частицы могут быть сложные и первичные.

В работе «Заметки по физике и корпускулярной философии» [4, с. 31-37] уже вводится научная гипотеза эфира, корпускулы которого круглы и все идентичны. С этой концепцией эфира у Ломоносова связано представление о свете и его свойствах. Колебание эфира порождает свет, в отличие от звука, который порождается колебанием воздуха. В работе "Опыт теории о нечувствительных частицах тел.." [4, с. 91-102], Ломоносов определяет тело так: "Тело есть протяженность, обладающая силой инерции. Под протяженностью понимают размеры по длине, ширине и глубине. Силою инерции называется то, что одно тело сопротивляется другому". Затем разъясняется свойство непроницаемости двух тел или невозможность занимать ими одно и то же пространство, откуда возникает представление о силе. Как и у Эйлера, в статье Ломоносова сказано: "тело, обладающее большей силой инерции, имеет и большее количество материи, и наоборот". Далее в статье Ломоносова встречаются ссылки на Ньютона и разъясняются положения его механики.

В диссертации «О действии химических растворителей вообще» [4, с. 57-74], оконченной в апреле 1745 г., встречаются поразительные наблюдения. Например, в параграфе 5 говорится, что ртуть проникает в порах очень твердого тела - золота, но не проникает в поры кожи, бумаги, дерева. Далее Ломоносов рассказывает, что он наблюдал иод микроскопом «вскипание» поверхности металла от тонкого слоя селитряного спирта или на огне. В другой диссертации, представленной руководству Академии в январе 1745 г. «Размышление о причине теплоты и холода» [4, с. 74-91], Ломоносов развивает положение о том, что теплота представляет собой результат движения внутренних связанных частичек. Он обсуждает вариант колебательного их движения или поступательного, но более всего V склоняется к утверждению вращательного движения частиц как причины теплоты. Одно несомненно: в этих исканиях и рассуждениях видна идея

кинетической теории теплоты. Он отрицает существование невесомой «жидкости», называемой теплородом.

В сентябре 1748 г. Ломоносов представляет Академии еще одно значительное сочинение «Опыт теории упругости воздуха» [4, с. 91-102], в котором эффект сжатия и расширения воздуха в насосах объясняется уплотнением частиц в единице объема за счет работы поршня или от других факторов. По сути, здесь намечен эскиз кинетической теории газов.

В заключение приведем мало известный пример о научной эрудиции М. В. Ломоносова по проблемам динамики твердого тела.

В 1737 г. Петербургская академия наук, основанная по замыслу Петра I в 1725 г., предложила Л. Эйлеру составить научное руководство по строению кораблей. Державе, получившей морские ворота на юге и на западе, требовался современный флот. Необходимо было строить корабли не на глазок, а по строгим научным рекомендациям. Так началась многолетняя работа Эйлера над трактатом "Scientia navalis" или «Корабельная наука», который был опубликован на латыни в Санкт-Петербурге в 1749 г. в двух томах.

25 января 1749 г., когда долгое издание двухтомника подходило к завершению, Эйлер послал письмо президенту Петербургской АН графу К. Г. Разумовскому, в котором без формул излагал сущность своих результатов. Письмо было написано также на латинском языке и предполагалось служить предисловием к трактату. В некоторых изданиях «Корабельной науки» был русский перевод предисловия, сделанный кем-то в 1749 г. Однако позже оказалось, что перевод пропал. В работе П. П. Пекарского «Дополнительные известия для биографии Ломоносова» 1865 г. сказано, что в начале книги «Scientia navalis» есть русский перевод письма Эйлера к Разумовскому, и замечено об этом переводе: «Он отличается правильностью и тщательностью, и сделан ЛОМОНОСОВЫМ». П. П. Пекарский (академик). Дополнительные известия для биографии

Ломоносова. «Западная Императорская Академия наук», т. 8, приложение №7, 1865? СПб/

Нашли документы, в которых отражено, что Ломоносову такой перевод был заказан в 1749 г. И. Шумахером. Но ни рукописи письма, ни его издания обнаружить не могли. Нашли копию письма И. Шумахера к Эйлеру в Берлин о том, что перевод его письма на русский язык поручен Ломоносову в марте 1749 г. Сохранились отклики в литературе на те экземпляры «Корабельной науки», в которых помещен русский перевод письма Эйлера Разумовскому.

Дальнейшие поиски привели к тому, что нашли протокольную запись в Канцелярии АН Петербурга от 27 - 30 июля 1749 г. о том, что возвратилось письмо Эйлера в канцелярию вместе с русским переводом Ломоносова, а также запись о решении печатать это письмо: 50 экземпляров на александрийской медиане и 50 экземпляров на комментарной заморской бумаге [2, с.214]. Итак, русский текст вышел отдельным тиражом в 100 экземпляров.

Не будучи специалистом физико-математических наук, Ломоносов выполнил перевод письма Эйлера весьма квалифицированно: сказалась выучка при стажировке в Германии в школе выдающегося физика и незаурядного математика Х. Вольфа; а также безусловно и многогранный талант и огромная любознательность Ломоносова ко всякого рода наукам.

Удалось доказать, что русский перевод письма Эйлера был приложен только к нескольким десяткам экземпляров «Корабельной науки»: для трех членов императорской семьи и нескольких известных русских сановников (среди них А. П. Бестужев-Рюмин, К. Г. Разумовский и его брат А. Г. Разумовский, М. И. Воронцов и др).

Видимо, именно такие экземпляры трактата с русским переводом подлинного латинского текста письма Эйлера и вызвали отклики П. П. Пекарского о русском переводе Ломоносова, и дали начало поискам. О том же писал Л. Б. Модзалевский [2, с.213, 214].

В 1983 г. в одиннадцатом томе Полного собрания сочинений М. В. Ломоносова впервые опубликован ранее потерянный русский перевод письма Эйлера, выполненный Ломоносовым по заданию Канцелярии Петербургской академии наук с марта по июль 1749 г. [2, с. 163-181]. Перевод Ломоносова «Предисловия» к сочинению Эйлера «Корабельная наука» том I напечатан по тексту первой публикации в типографском издании 1749 г., находящемся в Библиотеке АН СССР (РАН). Это была как бы аннотация совершенно новой чрезвычайно трудной проблемы о движении твердого тела около центра масс.

В краткой форме (не более печатного листа) в письме излагается суть содержания, важнейшие результаты, вытекающие из динамики твердого тела, практические выводы для строительства корабля. Теория вращательного движения около центра масс пока еще изложена как предварительный или начальный этап разработки этой проблемы Эйлером. В частности, здесь были наброски геометрии масс.

После подобающего обращения к «сиятельному графу милостивому государю Кириллу Григорьевичу Разумовскому» формулировалась цель создания трактата «Корабельная наука»: «Мореплавание науку давно уже между математическими наставлениями вмещать начали, где она гидрографией обыкновенно называется... Здесь я в весьма ином предприятии простираться намерился, которое в мореплавании толь же важно, как оное, и о котором поныне еще весьма мало написано. Ибо в сей книге не столько взираю я на ход корабельный, как на самое кораблей строение: чтобы они к такому делу, для которого строятся, способнее были». [2, с. 163].

Здесь уместно заметить, что перевод названия трактата «Корабельная наука», предложенный и обоснованный Н. Д. Моисеевым, более правилен, нежели широко распространенный перевод «Морская наука»; с грамматической точки зрения правомерны оба перевода. Ломоносов же предложил свое слово: «Кораблеплавание». [2, с. 169].

Сначала в письме-предисловии рассматривается случай равновесия корабля, а потом случай его движения. При изучении состояния равновесия корабля под действием веса и архимедовых сил выделяются две важнейшие точки: «центр тягости всего корабля»  $m$  и центр тягости  $n$  погруженной части корабля, если бы она была наполнена водой (эту точку Ломоносов называет «центр величины», имея ввиду центр подводного объема). Условием равновесия, по Архимеду, является требование расположения этих двух центров на одной вертикали.

Далее говорится, что вышеприведенное условие только необходимо, но «недовольно» (недостаточно), ибо «корабль волнами и от других причин беспрестанно из равновесного положения сбивается, для того весьма нужно знать, может ли он в помянутое положение прийти обратно сам собою; а паче всего потребно определить точно, коль великою силою оное возвращение быть должно». Сказанное поясняется на примере с кеглей, поставленной своим основанием на пол, которая сохраняет такое положение продолжительное время. Но та же кегля, поставленная вниз «завостренным концом», от малейшего прикосновения упадет. «Между обоими равновесными их стояниями превеликая разность, для того, что первое непоколебимо, другое весьма к падению склонно. Это касается и плавающих на воде тел. Палка, поставленная в вертикальном положении в воду, пусть даже стоячую и при безветрии, от самого малейшего движения упадет». [2, с. 165].

Затем дано элементарное определение понятия устойчивости, пока что с качественной точки зрения. Отметим удачный выбор Ломоносовым термина «устойчивость», от которого позже временно отступали, выбрав слова «твердостояние» и «остойчивость». Вот как сказано в переводе Ломоносова в соответствующем рассуждении Эйлера: «Отсюда происходит весьма важная разность между разными равновесными стояниями, для которой иные называются устойчивыми, а иные падкими. Тела, на воде плавающего, равновесное положение будет устойчиво, ежели оное тело, будучи несколько

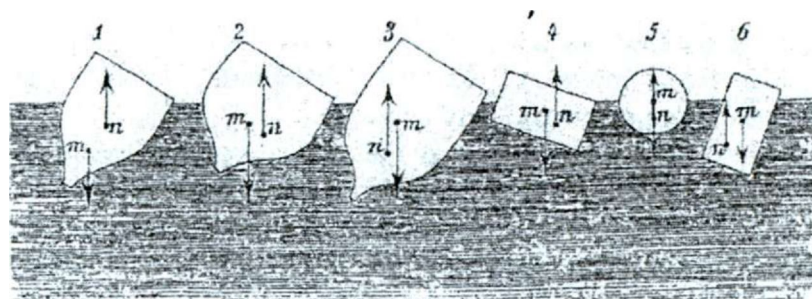


наклонено, опять справится». В противном случае положение будет «падкое». [2, с. 166].

Для корабля важно такое строение, чтобы обеспечивало ему устойчивое положение равновесия на воде. По пока не имеется возможности судить о том, какое положение корабля на воде будет более устойчиво, а какое менее. Для этого нужно ввести *количественную меру устойчивости*. П. Д. Моисеев отмечает, что техническая природа задачи, когда нужно дать рекомендации для конструирования корабля, приводит Эйлера к четкому количественному определению меры устойчивости.

Далее в Предисловии сказано: необходимо уточнить, относительно которой центральной оси происходит отклонение - около продольной оси при боковой качке или около поперечной оси при килевой качке. «К тому же и сие ясно, что действие наклонения зависит не столько от качества силы наклоняющей, как от *важности* оной к той оси, около которой будет наклонение». В примечаниях к русскому переводу, опубликованному в XI томе Полного собрания сочинений М. В. Ломоносова, говорится, что дословный перевод слов «момент силы» Ломоносов заменил более понятным русскому читателю термином «важность силы к данной оси» [2, с. 167]. Глагол «*вижить*» означал действовать вагой, т.е. создавать при помощи рычага момент силы.

В книге «Очерки теории устойчивости» П. Д. Моисеев трактует этот фрагмент письма так: здесь речь идет о восстанавливающем моменте некоторой силы относительно центральной оси. Можно, наконец, трактовать ту же меру как восстанавливающий момент пары: силы тяжести и архимедовой силы, когда за счет наклонения корабля точки *m* и *n* смещаются с одной вертикали. Это и будет мерой устойчивости корабля.



На рисунке изображены шесть положений плавающего тела:

1) Корабль, выведенный за счет ветра из состояния равновесия, подвергается действию восстанавливающего момента силы тяжести в центре тяжести корабля  $m$  и равнодействующей архимедовых сил в центре давления (в метacentре)  $n$ . Восстанавливающий момент способствует возвращению (после серии малых колебаний) корабля в исходное состояние, когда точки  $m$  и  $n$  расположатся на одной вертикали.

2) Аналогично первой конфигурации, восстанавливающий момент способствует возвращению корабля в исходное состояние.

3) В отличие от первых двух случаев пара сил тяжести (в центре тяжести  $m$ ) и архимедовых сил в точке  $n$  имеют момент другого знака; это опрокидывающий момент сил. Он стремится положить на бок или опрокинуть корабль.

4) Момент восстанавливающий и опрокидывание ему не грозит.

5) Безразличное состояние равновесия - нет момента сил, обе точки  $m$  и  $n$  постоянно совпадают.

6) Момент опрокидывает «палку», поставленную вертикально в воду. «Палка» упадет.

Далее в письме-предисловии ставится вопрос о том, какие же конкретные рекомендации может дать введенная мера устойчивости корабля на воде для конструирования строителям. Ответ на такой вопрос предлагается следующий. Устойчивость корабля можно увеличить тремя способами:

1. Центр тяжести всего корабля нужно расположить за счет помещения груза в наинизшем месте.
2. Центр тяжести объема подводной части корабля должен быть поднят как можно выше, для этого надо, чтобы корабль не очень глубоко погружался в воду.
3. Увеличить площадь, охватываемую ватерлинией, для чего можно обнести корабль новыми боками [бочками].

Рассматриваются малые колебания корабля около положения равновесия. Эйлер пишет в письме: «...точнее рассматривал и исследовал движения, по каким корабль из наклонного положения принимает равновесное положение. Итак, признал я, что сии движения наподобие хождения маятника совершаться должны, и качание, которое обыкновенно бывает либо по длине корабля, либо по ширине, так как на выкладке определил, что на всякий случай назначил длину маятника простого, который бы в равномерное время совершал свое качание. Такое исследование о науке кораблеплавания есть немало важное, понеже в кораблеплавании не токмо великая нужда состоит в том, чтоб знать сие качающееся движение и довольно ведать, чем оно умножено или уменьшено быть может, но и, приметив время сих колебаний, познать оттуда многие важности, к кораблю принадлежащие, которых познание подает превеликую помощь к исследованию прочих свойств корабельных». (2, с. 169]. Методика исследования малых колебаний корабля сведена к составлению эквивалентного дифференциального уравнения колебания простого маятника, изохронного по отношению к колебаниям корабля. Эта методика подбора линейного осциллятора, адекватного данному процессу малых колебаний, прочно вошла в обиход аналитической механики последующего времени.

Далее в автореферате к двухтомному трактату «Корабельная наука» рассказывается, чем отличается содержание I и II тома: в первом томе исследуется равновесие и движение плавающего тела, а во втором томе ведется учет и конфигурации, строение тела в виде корабля, учет сил сопротивления. Изучается вопрос о форме носа, общего контура или обвода корабля, специфика прямого и косого по отношению к ветру хода. Дается точный расчет: оптимального расположения мачт, необходимой площади парусов и оптимальной высоты мачт, чтобы не создавался опрокидывающий момент.

По существу строится геометрия масс для корабля и других конфигураций плавающих тел; теория квадратичного сопротивления. «Узнавши сие, нетрудно будет всех судов доброты и недостатки усмотреть и определить; также и то, в чем состоит главная сила науки о кораблеплавании, учинить можно будет, так что предпринятого намерения, для которого корабль назначается, весьма удобный и потому очень совершенный корабль построить можно». [2, с. 176].

Рассмотрел Эйлер и вёсельные корабли (галеры). «Другой род судов, которые ходят на гребле, требует не меньшего исследования; ибо по неудачном истолковании от Аристотеля сил вёсельных из свойств рычага, хотя новейшие математики погрешность его усмотрели, но никто не изъяснил того по надлежащему. Чего ради я старание приложил, чтоб ту силу, которою судно вёслами движется, сыскать из самых главных механических правил, и точно определил скорость, какую весла, сколько их ни есть и какими силами движимы ни будут, судну придать могут. Понеже такие суда никогда не ходят на парусах против ветру, и потому наклонению, какое в косом ходу бывает, не подвержены, то о том только стараться должно, чтоб с довольным устойчивости количеством подвержены были самому малому в прямом ходу сопротивлению. К тому ж понеже весло по длине на две части само собой разделяется, на одну внутреннюю, которая внутрь судна от гребцов движима бывает, а на другую внешнюю, лопатую

сделанную, которою гребут по воде, то я определил такую пропорцию между частью внутреннею и внешнею, что от той же силы, весло движущей, произойдет самая большая сила к движению судна; сия пропорция хотя зависит как от тяжести судна и его упорности, так и от числа весел, однако ж нашел я, что части внешней всегда должно быть доле, нежели внутренней, которая столь удобная пропорция, на теории утвержденная, и в деле прилежно наблюдается». [2, с. 177].

В 1773 г. Л. Эйлер опубликовал на французском языке учебное руководство «Полная теория конструирования и маневрирования кораблей применительно к обучению навигации», посвященная великому князю Павлу. Книга представляла полное пособие строителям и штурманам кораблей.

Об этом учебнике имеются блестящие отзывы А. Кондорсе и Ж. Л. Даламбера. Французское правительство присудило автору награду в 6 тыс. ливров (тысяча двести рублей). Екатерина II наградила Эйлера двумя тысячами рублей. Книга вскоре была переведена на итальянский и английский языки, а для широкого инженерного круга в России был выполнен русский перевод. Переводчик - племянник Ломоносова Михаил Евсеевич Головин (он-то и ввел тяжеловесные термины типа «твердостояние»), так как М. В. Ломоносов скончался в апреле 1765 г. в возрасте пятидесяти четырех лет.

В заключение заметим, что русский перевод «Предисловия» Эйлера к трактату «Scientia navalis», сделанный Ломоносовым, представляет собой самостоятельную научную работу по динамике твердого тела.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Ломоносов М. В. Полное собрание сочинений. М.-Л. АН СССР, 1950-1959. Т. 1-10.**
2. **Ломоносов М. В. Полное собрание сочинений. Т. 11, дополнительный, справочный. Письма, переводы, стихотворения, указатели. Л. Наука. Ленинградское отделение, 1983.**

3. **Эйлер Леонард. Основы динамики точки. - №4 . - Л . : Глав. ред. Техничко-теоретической литературы, 1938.**
4. **Ломоносов М. В. Избранные произведения. Т. 1. Естественные науки и философия. М.: Наука, 1986.**
5. **Ньютон И. Математические начала натуральной философии. - Собрание трудов академика А. Н. Крылова. Т. 7. М.-Л.: изд. АН СССР, 1936.**

*И.А. Тюлина*, доцент МГУ

*Н.М. Панькина*, учитель

СІЯТЕЛЬНѢЙШЕМУ ГРАФУ  
МИЛОСТИВОМУ ГОСУДАРЮ  
КИРИЛЛУ ГРИГОРЬЕВИЧУ  
РАЗУМОВСКОМУ,  
ЕЯ ИМПЕРАТОРСКАГО ВЕЛИЧЕСТВА  
ДѢЙСТВИТЕЛЬНОМУ КАМЕРГЕРУ,  
АКАДЕМІИ НАУКЪ  
ПРЕЗИДЕНТУ,  
лейбгвардіи Измайловскаго полку  
ПОДПОЛКОВНИКУ,  
орденовъ Польскаго бѣлаго орла,  
свяшаго Александра и свящья Анны  
КАВАЛЕРУ.

ЕВ 1749 АКС 522

