

Петр Нестеров: теоретик и практик «мертвой петли»

11, ноябрь 2016

Феоктистов В. В.¹, Феоктистова О. П.²,

Чернышева И. Н.^{2,*}

УДК 531(093)

¹АО Центральный научно-исследовательский институт
автоматики и гидравлики, Москва, Россия

²МГТУ им. Баумана, Москва, Россия

* chemisheva.i@yandex.ru

Если бы Петр Николаевич Нестеров не был таким лихим пилотом, таким безудержным любителем риска, возможно, в списке великих русских конструкторов добавилось бы еще одно имя. Но конструктором его теперь называют только во вторую очередь, а в первую – знают, как пилота, впервые совершившего «мертвую петлю». Отважного офицера, погибшего в Первую мировую. А ведь даже гибель его была результатом проверки очередного эксперимента! Нестеров не просто летал и воевал: он постоянно экспериментировал с возможностями самолета, мечтая о новых усовершенствованиях...



Петр Николаевич Нестеров родился 15 февраля 1887 года в Нижнем Новгороде. Отец, Николай Федорович Нестеров, был офицером-воспитателем в кадетском корпусе. Мать, Маргарита Викторовна, была совершенно обычной для тех времен, нежной женщиной, женой и матерью, полностью зависимой от мужа. Детей в семье было четверо. И когда, в 1890 году, Николай Федорович скоропостижно скончался, Маргарита Викторовна осталась практически нищей: все было потрачено на врачей для мужа, все заложено и перезаложено, так что некуда было пойти офицерской вдове с сиротами, кроме как во Вдовий дом. Впрочем, устроены Вдовьи дома были не так уж плохо. Достаточно посмотреть на Вдовьи дома недалеко от МГТУ им. Н.Э.Баумана, за Яузой, являющиеся сейчас памятниками архитектуры. В царской России вообще благотворительные учреждения работали качественно, потому что находились под личной опекой членов царской фамилии, и даже если сам опекун не уделял большого внимания опекаемым, все равно – сотрудники учреждения боялись обворовывать подопечных: если бы такое дело раскрылось, то кара была бы суровой. Так что нищим и несчастным детство Пети Нестерова не было.

26 августа 1897 года Петя поступил в тот самый Нижегородский кадетский корпус, где его отец занимал должность воспитателя, в 1904 году корпус закончил, и в числе лучших выпускников был направлен в Михайловское артиллерийское училище в Санкт-Петербурге. В аттестационном журнале училища осталась запись о 16-летнем кадете: «...Чрезвычайно настойчив в принятых решениях, проявляет характер, полностью унаследованный им от покойного отца...»

Петр Нестеров был влюблен в подругу своего детства. Настоящее ее имя – Ядвига Луневская, но родители, польские бедняки, отдали девочку богатой русской чете Галецких, которые окрестили ее в православную веру под именем Надежды, и дали ей прекрасное воспитание. Петр и Дина (так называли Надежду в семье) любили друг друга, но были слишком бедны, чтобы пожениться. Дело в том, что по законам Российской империи в те времена офицер не мог жениться раньше 28 лет, если не уплатит «реверс» в размере пяти тысяч рублей для содержания семьи в случае смерти кормильца. Только служба на окраинах империи освобождала от уплаты «реверса».

В 1906 году Нестеров с отличием выдержал выпускные экзамены, был произведен в подпоручики и попросился в 9-ю Восточно-Сибирскую стрелковую артиллерийскую бригаду. Служба во Владивостоке позволила ему жениться на Дине, не уплачивая «реверса». В 1909 году у них родилась дочь Маргарита.

Внимание Нестерова привлек аэростат, находившийся во Владивостокской крепостной воздухоплавательной роте. Петру Николаевичу пришла в голову идея использовать аэростат в качестве наблюдательного пункта для корректирования артиллерийской стрельбы. Нестеров добился временного прикомандирования к наблюдательной станции воздухоплавательного парка и в качестве артиллериста-наблюдателя неоднократно поднимался в небо. Видимо, именно там он влюбился в небо, и хотел трудиться только над развитием русской авиации.

Впрочем, сам он писал: «Мое увлечение авиацией началось с 1910 года... Я поставил себе задачу построить такой аппарат, движения которого меньше всего зависели бы от окружающих условий и почти всецело подчинялись бы воле пилота...».

После длительной службы без отпуска, Петр Николаевич имел право на длительный отпуск, и летом 1911 года, вместе с беременной Диной и маленькой Маргаритой, он приехал навестить родных в Нижний Новгород. Там появился на свет его сын Петр, а сам молодой отец вступил в Нижегородское общество воздухоплавания и познакомился с учеником профессора Н.Е.Жуковского: Петром Петровичем Соколовым, в будущем — известным специалистом по фотограмметрии и аэрофотосъемке, который в ту пору был человеком молодым и столь же любопытным, как и Нестеров. Можно предположить, что именно в это время он познакомился с выдающейся работой Н.Е.Жуковского «О парении птиц». В сарае дома Соколовых на Провиантской улице, два аэролюбителя собственноручно построили планер. Испытывали его в поле за Петропавловским кладбищем. Запускали с помощью... лошади. Нестеров сидел в планере, Соколов гнал лошадь, и летательный аппарат поднялся в воздух, хоть и не слишком высоко.

Петр Николаевич часами изучал в бинокль полет птиц, и на основе своих исследований разработал проект самолета без вертикального оперения, направил его в военное ведомство. Проект был отклонен, даже с насмешкой. Но Нестеров верил в успех и продолжал работать над усовершенствованием своего аппарата.



В 1912 году Нестеров сдал экзамены на звание пилота-авиатора и военного летчика, и уже в сентябре этого года совершил первый самостоятельный полет. Дальнейший путь его был определен: авиационный отдел Офицерской Воздухоплавательной школы в Гатчине, которая в те годы была сердцем и мозгом российской авиации. Именно во время обучения Нестеров впервые выказал свое недовольство современными методами пилотирования и рассказал о том, что верит в возможность совершения на летательном аппарате «мертвой петли». Соученики и преподаватели не только не высказали интереса к его идеям, но посчитали их безумием и сумасбродством. Впрочем, в характеристике, выданной

по окончании Офицерской Воздухоплавательной школы, отмечалось, что «поручик П.Н.Нестеров закончил школу по первому разряду, требователен к себе, инициативен, решителен и, кроме того, имеет выдающиеся качества исследователя и экспериментатора».

Нестеров был назначен в авиационный отряд, а через несколько месяцев – новое назначение: командиром 11 корпусного отряда 3-й авиационной роты. Прежде, чем направиться к месту службы, в Киев, Нестеров прошел в Варшаве обучение полетам на военном самолете «Ньюпор». 31 августа 1913 года он был произведен в штабс-капитаны. В том же году, налетав достаточно часов, чтобы стать опытным пилотом, Петр Николаевич смог довести идею самолета без вертикального оперения до совершенства, так, что проект был принят Военным ведомством. Правда, без предоставления средств на создание, но для Нестерова это уже была победа. Экспериментировал он и лично, в воздухе: во время одного из полетов Нестеров набрал уникальную для тех времен высоту 1600 метров, после чего выключил мотор и, совершая круги и восьмерки в воздухе, спланировал над Варшавой, поразив всех своих товарищей и случайных свидетелей этого полета. Нестеров продолжал совершенствовать пилотирование и отработку крутых виражей: он готовился осуществить «мертвую петлю».

Петр Николаевич, в отличие от большинства авиаторов того времени, был не только практиком, но и теоретиком, он обладал глубокими знаниями в области математики и механики, а обширный пилотажный опыт позволил ему теоретически обосновать возможность выполнения глубоких виражей. В одной из своих теоретических работ Нестеров доказал, что во время выполнения виражей с креном больше 45 градусов происходит изменение в работе руля: руль высоты выполняет функции руля направления, а руль направления — руля высоты. Сделавшись командиром отряда, Нестеров обучал других пилотов полетам с глубокими виражами и посадку с отключенным двигателем на заранее намеченную площадку.



Итак, что же такое «мертвая петля», почему существует возможность ее исполнения летающим объектом и почему этот летающий объект не падает?

Отец русской авиации Н.Е. Жуковский в своей работе «О парении птиц» за 22 года до этого события дал математическое описание такого рода полетам. Парением называется такой вид полета птиц, когда она не машет крыльями.

Н.Е. Жуковский решает задачу о парении не как задачу аэродинамики, а как задачу движения твердого тела в естественных координатах $(\vec{\tau}, \vec{n})$, полагая, что законы сопротивления воздуха найдены опытным путем: \vec{Q} - касательная составляющая сопротивления воздуха, направленная вдоль вектора скорости \vec{V} , и \vec{N} - сила нормальная к касательной траектории S (рис. 1).

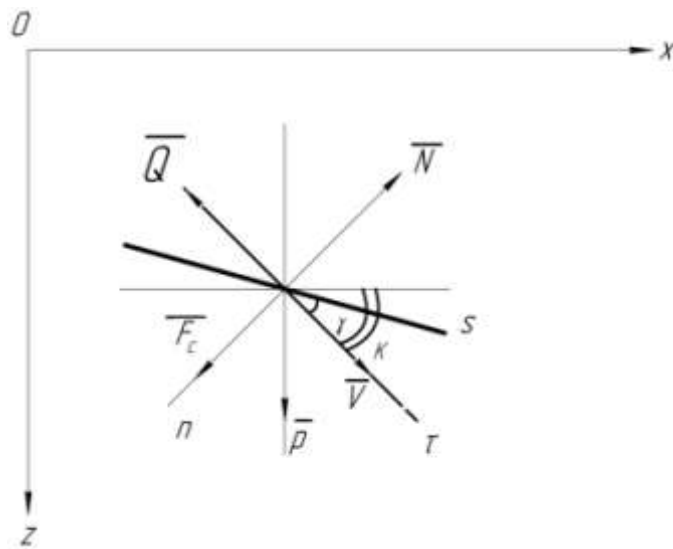


Рис.1

Н.Е. Жуковский рассматривает скольжение птицы в вертикальной плоскости XOZ при спокойном воздухе; центр тяжести птицы движется в плоскости XOZ и движется по траектории S в этой плоскости.

Плоскость, в которой находится птица, перпендикулярна к плоскости XOZ (рис. 1).

Угол K между следом плоскости, в которой находится птица, и касательной к траектории движения центра масс птицы будем считать во время полета постоянным.

При движении в центре масс имеет место равенство сил:

$$\vec{F}_c + \vec{Q} + \vec{N} + \vec{P} = 0, \quad (1)$$

где $\vec{P} = m\vec{g}$ - вес птицы, сила \vec{Q} - параллельная скорости \vec{V} , сила \vec{N} - перпендикулярная к ней соответственно, \vec{F}_c - центробежная сила.

По теореме об изменении кинетической энергии в дифференциальном виде, имеем:

$$d \frac{mV^2}{2} = mgdz - QdS, \quad (2)$$

где в правой части уравнения (1) записана работа внешних сил: $Pdz = mgdz$ - работа веса птицы на dz , QdS - работа касательной силы на элементе дуги траектории.

Записывая равенство проекций сил на нормаль к траектории, получим

$$\frac{mV^2}{\rho} - N + mg \cos \gamma = 0, \quad (3)$$

где γ - угол касательной к траектории с осью OX , ρ - радиус кривизны траектории в точке касания. Центр кривизны направлен в сторону вогнутости траектории, тогда

$$\frac{1}{\rho} = \left| \frac{d\gamma}{dS} \right|.$$

Если рассмотреть наветренную поверхность птицы, как пластину с площадью s (рис. 1), образующей малый угол K с относительной скоростью ветра \vec{V} , то у Н.Е. Жуковского сила \vec{Q} - параллельная скорости \vec{V} равна

$$|\vec{Q}| = 0,13sV^2 \sin^2 K,$$

сила \vec{N} - перпендикулярная к ней соответственно равна

$$|\vec{N}| = 0,13sV^2 \sin K \cos K.$$

Интегрируя уравнение (2), получим

$$\frac{mV^2}{2} = mgz - \int QdS + mgc,$$

здесь « c » - произвольная постоянная. Она определяется из условий при

$$t = 0, V = V_0, z = 0, \int QdS = 0.$$

Получим

$$c = \frac{V_0^2}{2g}.$$

Тогда

$$V^2 = 2g(z + c) - \frac{2}{m} \int QdS.$$

Заменяя радиус кривизны в уравнении (3)

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{\sin \gamma d\gamma}{dz},$$

получим

$$\sin \gamma \frac{d\gamma}{dz} + \frac{N}{mV^2} - \frac{g}{V^2} \cos \gamma = 0,$$

Введем обозначения

$$c_N = \frac{0,13s \sin K \cos K}{m}, \quad c_Q = \frac{0,13s \sin^2 K}{m},$$

и используя связь

$$dS = \frac{dz}{\sin \gamma},$$

получаем систему уравнений с неизвестными (V, γ) :

$$c_N + \sin \gamma \frac{d\gamma}{dz} = \frac{g \cos \gamma}{V^2},$$

$$V^2 = 2g(z+c) - 2c_Q \int \frac{V^2 dz}{\sin \gamma}.$$

Считая, что угол K - невелик, тогда c_Q - малая величина, следовательно, потеря энергии равная

$$2c_Q \int \frac{V^2 dz}{\sin \gamma}$$

также мала, и пренебрегая ею, Н.Е. Жуковский получил:

$$V^2 = 2g(z+c),$$

$$c_N = \frac{d(\cos \gamma)}{dz} + \frac{\cos \gamma}{2(z+c)}. \quad (4)$$

Введем новую переменную

$$z+c = \zeta.$$

Умножим обе части второго уравнения (4) на $\sqrt{\zeta}$, получим:

$$c_N \sqrt{\zeta} = \sqrt{\zeta} \frac{d(\cos \gamma)}{d\zeta} + \frac{\cos \gamma}{2\sqrt{\zeta}} = \frac{\sqrt{\zeta} d(\cos \gamma) + \cos \gamma d\sqrt{\zeta}}{d\zeta} = \frac{d}{d\zeta} (\sqrt{\zeta} \cos \gamma),$$

откуда

$$\sqrt{\zeta} \cos \gamma = \frac{2}{3} \alpha \zeta^{\frac{3}{2}} + C_\zeta,$$

где C_ζ произвольная постоянная, которая определяется из начальных условий:

$$t = 0, \text{ для } \zeta = c, \gamma = \gamma_0,$$

Н.Е. Жуковский находит

$$\cos \gamma = \frac{2}{3} c_N \zeta + \frac{\sqrt{\frac{V_0^2}{2g}}}{\sqrt{\zeta}} \left(\cos \gamma_0 - \frac{2}{3} c_N \frac{V_0^2}{2g} \right) \quad (5)$$

Для того, чтобы доказать возможность мертвой петли, достаточно показать возможность такого решения, при котором касательная к траектории вращается все время в одном направлении (рис. 2), т.е. угол γ изменяется монотонно; в противном случае, если

угол γ достигает экстремума, то на траектории были бы точки перегиба и петля была бы невозможна.

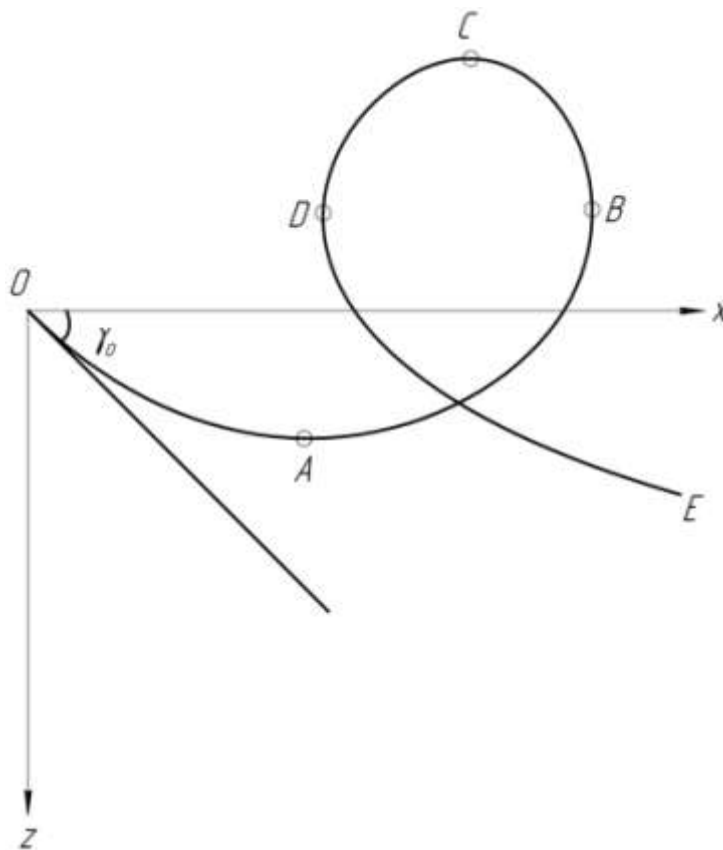


Рис.2

Н.Е. Жуковский рассмотрел случай

$$\left(\cos \gamma_0 - \frac{2}{3} c_N \frac{V_0^2}{2g} \right) < 0.$$

Он построил две линии в плоскости ζOy (рис. 3):

Прямую y_1 , заданную уравнением

$$y_1 = \frac{2}{3} \alpha \zeta,$$

и кривую y_2 , заданную уравнением

$$y_2 = -\frac{\sqrt{\frac{V_0^2}{2g}}}{\sqrt{\zeta}} \left(\cos \gamma_0 - \frac{2}{3} c_N \frac{V_0^2}{2g} \right),$$

которую он называет кубической гиперболой, ибо ее уравнение можно записать как

$$\zeta y^2 = const.$$

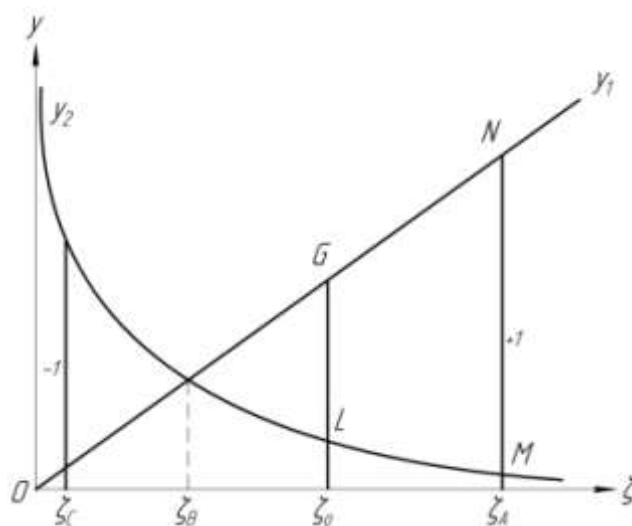


Рис. 3

Тогда

$$\cos \gamma = y_1 - y_2,$$

где $y_1 - y_2$ - отрезок вертикали (рис. 3) между графиком прямой y_1 и графиком кубической гиперболы y_2 , положительный при тех значениях ζ , при которых прямая y_1 проходит выше кубической гиперболы y_2 .

Если $\cos \gamma_0 = LG$, в точке $\zeta = \zeta_0$, то с увеличением ζ будет увеличиваться расстояние между двумя графиками, а, следовательно, увеличиваться будет $\cos \gamma$, пока расстояние между графиками не дойдет до значения $MN = +1$, здесь $\cos \gamma = 1$. Для соответствующего значения ζ_A , где $\cos \gamma = 1$, $\gamma = 0$; на рис. 3 этому соответствует хорда MN , а на рис. 2 – наинизшая точка A петли.

После этого ζ будет уменьшаться и расстояние между графиками будет уменьшаться, и, следовательно, также уменьшается $\cos \gamma$, и при $y_1 = y_2$ в точке ζ_0 имеем $\cos \gamma = 0$, т.е. $\gamma = \frac{\pi}{2}$; это соответствует точке B на рис. 2.

При дальнейшем уменьшении ζ значение $\cos \gamma = y_1 - y_2$ меньше нуля и убывает, а в точке $\zeta = \zeta_c$ имеем $\cos \gamma = -1$, т.е. $\gamma = \pi$; это соответствует наивысшей точке C петли на рис. 2.

Дальше ζ возрастает от ζ_c до ζ_B , тогда $\cos \gamma$ также возрастает от -1 до 0. На рис. 2. это соответствует точке D . Далее движущая точка опишет вторую половину петли CDE .

Именно такую геометрическую фигуру - «мертвую петлю» и совершит П.Н. Нестеров через 22 года после опубликования работы Н.Е. Жуковского.

Н.Е.Жуковский, подчеркивая роль геометрического метода в механике, говорил «... математическая истина только тогда должна считаться вполне обработанной, когда она

может быть объяснена всякому.... Я думаю, что если возможно приближение к этому идеалу, то только со стороны геометрического толкования или моделирования. Моделирование стоит рядом с геометрическим толкованием и представляет еще более важную степень наглядности»

Петля или «мертвая петля», которую впервые выполнил в 1913 году П.И. Нестеров, имеет принципиальное значение и положило начало «фигурному летанию». Наиболее известными фигурами являются «косая петля и полупетля», «полупетля», «двойная полупетля», «отрицательная петля и полупетля (выполняемые в перевернутом полете на отрицательных перегрузках)». Все эти фигуры являются фигурами высшего пилотажа.

Свою «мертвую петлю» Петр Николаевич Нестеров совершил 27 августа 1913 года на самолете «Ньюпор». Из рапорта следует, что «набрав высоту 800 — 1000 метров, летчик выключил мотор и начал пикировать. На высоте около 600 метров мотор был включен, и самолет, послушный уверенным рукам пилота, устремился вертикально вверх, потом на спину, описал петлю и пошел в пике». После чего мотор снова выключился, самолет выпрямился и плавной, красивой спиралью благополучно приземлился.



Мир был потрясен деянием Нестерова. Из всех стран мира посыпались восторженные телеграммы. Правда, военное начальство было против «мертвой петли» и даже запретило ее повторение. Но Нестеров был уверен: «фигурные полеты — это школа летчика». 31 марта 1914 года он повторил «мертвую петлю», о чем из Петербурга в Париж телеграфировал корреспондент газеты *Matin*. Затем французы обратились к Нестерову за интервью, и он подробно рассказал о «мертвой петле». Уже 30 августа интервью вышло в Париже. А спустя 12 дней французский летчик Адольф Пэгу выполнил «мертвую петлю» и стал выступать с этим аттракционом перед публикой каждый день, что получило огласку в мире и... многие тут же забыли, что автором «мертвой петли» был Нестеров. Впрочем, в те времена еще существовало братство летчиков-асов, и взаимоуважение, так что Адольф Пэгу лично, выступая 14 мая 1914 года в Политехническом музее в Москве, утвердил Петра Нестерова как первого исполнителя такого полета.

Нестерова повысили в звании: он стал штабс-капитаном.

Завод «Дукс» получил заказ построить за казенные средства самолет собственной конструкции Нестерова.

Петр Николаевич уже хотел выйти в отставку и целиком посвятить свою жизнь конструированию самолетов, но 28 июля 1914 года началась Первая мировая война. Будучи искренним патриотом, Нестеров попросился в действующую армию. Война сразу же на практике подтвердила правильность многих теоретических идей Нестерова. В боевых условиях он искал новые способы применения авиации: ведение ночной разведки, бомбометание... Австрийское командование обещало крупное вознаграждение тому, кто собьет аэроплан Нестерова. Но австрийские летчики слишком уважали великого аса, чтобы охотиться на него ради награды.

Петр Николаевич Нестеров погиб в бою. Вернее, не просто в бою, а воплощая очередную свою идею: сбить тараном вражескую машину ударом сверху. 26 августа 1914 года Нестеров таранил разведсамолет австрийского пилота Розенталя, который проводил воздушную съемку передвижения русских войск. Свидетель тарана писал: «Нестеров зашел сзади, догнал врага и, как сокол бьет неуклюжую цаплю, так и он ударил противника ...».

Нестеров был уверен, что летчик, проводящий таран таким способом, может выжить. В «Акте расследования по обстоятельствам геройской кончины начальника 11-го корпусного авиационного отряда штабс-капитана Нестерова» указывалось: «Штабс-капитан Нестеров уже давно выражал мнение, что является возможным сбить неприятельский воздушный аппарат ударами сверху колесами собственной машины по поддерживающим поверхностям неприятельского аппарата, причем допускал возможность благополучного исхода для таранящего летчика».

Генерал-квартирмейстер штаба 3-й армии М.Д. Бонч-Бруевич вспоминал о гибели Нестерова: «...штабс-капитан, услышав гул австрийского самолета, выскочил из своей палатки и, как был в одних чулках, забрался в самолет и полетел на врага, даже не привязав себя ремнями к сиденью. Поднявшись, Нестеров стремительно полетел навстречу австрийцу. Солнце мешало смотреть вверх, и я не заметил всех маневров отважного

штабс-капитана, хотя, как и все окружающие, с замирающим сердцем следил за развертывавшимся в воздухе единоборством. Наконец, самолет Нестерова, круто планируя, устремился на австрийца и пересек его путь; штабс-капитан как бы протаранил вражеский аэроплан, — мне показалось, что я отчетливо видел, как столкнулись самолеты. Австриец внезапно остановился, застыл в воздухе и тотчас же как-то странно закачался; крылья его двигались то вверх, то вниз. И вдруг, кувыркаясь и переворачиваясь, неприятельский самолет стремительно полетел вниз, и я готов был поклясться, что заметил, как он распался в воздухе. Какое-то мгновение все мы считали, что бой закончился полной победой нашего летчика, и ждали, что он вот-вот благополучно приземлится. Впервые примененный в авиации таран как-то ни до кого не дошел. Даже я, в те времена пристально следивший за авиацией, не подумал о том, что самолет, таранивший противника, не может выдержать такого страшного удара. В те времена самолет был весьма хрупкой, легко ломающейся машиной. Неожиданно я увидел, как из русского самолета выпала и, обгоняя падающую машину, стремглав полетела вниз крохотная фигура летчика. Это был Нестеров, выбросившийся из разбитого самолета. Парашюта наша авиация еще не знала; читатель вряд ли в состоянии представить себе ужас, который охватил всех нас, следивших за воздушным боем, когда мы увидели славного нашего летчика, камнем падавшего вниз... Вслед за штабс-капитаном Нестеровым на землю упал и его осиротевший самолет».



Авиаторъ шт.-капит.
Нестеровъ,
погибшій на театрѣ военныхъ дѣйствій.

Посмертно Нестеров был награжден военным орденом Святого Георгия IV степени, ему дали чин капитана. Семье назначили самую высокую на то время пенсию — 1890 рублей в год.

Надежда Нестерова вышла замуж за друга своего покойного мужа, ее судьба и судьба детей сложилась благополучно. Младший брат Петра Николаевича, Михаил, тоже ставший военным летчиком, так же погиб в 1914 году. Старший брат, Николай Нестеров, принял советскую власть, сделал неплохую военную карьеру, похоронен на Новодевичьем кладбище.

Советские летчики в годы Великой отечественной войны неоднократно совершали и «мертвую петлю», и воздушный таран, и чаще всего при этом выживали, и даже сохраняли боевые машины, доказав тем самым уверенность Нестерова в том, что нападающий при таране не самоубийца, что все зависит от опыта и искусства летчика.

Город Жолква, у которого великий летчик совершил свой подвиг, находится в нынешней Львовской области Украины. С 1952 по 1992 годы он назывался Нестеров, там был мемориал: памятник с мёртвой петлей, заканчивающейся взлётом вверх самолёта и небольшой музей. В 1990-е годы музей был заброшен и разграблен.

Список литературы

1. Жуковский Н.Е. Полное собрание сочинений. Т. V. М.Л. 1937. Главная реакция авиационной литературы. С. 7-35. 490 с.
2. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: Учебник. 8-е изд., стер. – СПб.: Изд-во «Лань», 2011. – 720 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Погорелов А.И. Дифференциальная геометрия (6-е издание). - М.: Наука, 1974 - 176 с.
4. Манфредо до Кармо. Дифференциальная геометрия кривых и поверхностей.- М.: Изд-во «Институт компьютерных исследований». - 2013. - 608 с.
5. Жуковский Н.Е. Полное собрание сочинений. Т. VII. М.Л. 1937. Главная реакция авиационной литературы. С. 9-15.