

Национальный исследовательский университет

Высшая школа экономики

Факультет экономики

**Магистерская программа "Математические методы анализа
экономики"**

Кафедра математической экономики и эконометрики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Экономические аспекты системы прямого урегулирования в
ОСАГО**

Выполнил

Студент группы № 71ММАЭ1

Молчанов А. А.

Научный руководитель

профессор, д.ф.-м.н. Завриев С. К.

Москва 2013

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Текущая практика урегулирования убытков по ОСАГО.....	9
Глава 2. Методология моделирования систем прямого возмещения убытков	17
Модель 1. Зависимость стоимости транспортного средства от своих характеристик.....	22
Модель 2. Модель размера ущерба.....	33
Модель 3. Модель структуры автомобильного парка.....	46
Глава 3. Моделирование систем ПВУ: «текущая система» vs. «бельгийская система»	52
Заключение.....	63
Список использованной литературы.....	65

Введение

За последние два десятилетия произошел значительный рост уровня автомобилизации населения России, особенно это характерно для экономически развитых регионов страны. Рост количества машин на дорогах страны естественно увеличил и количество аварий, что, в свою очередь, сделало необходимым создание определенного механизма защиты здоровья и имущества потерпевших в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) людей от действий третьих лиц. Таким механизмом стало обязательное страхование автогражданской ответственности (ОСАГО), введенное Федеральным законом № 40-ФЗ от 25 апреля 2002 года. Согласно ему для управления любым транспортным средством любой водитель обязан застраховать свою ответственность перед другими участниками дорожного движения. При наступлении ДТП причиненный ущерб или его часть будет возмещать не сам виновник, а застраховавшая его ответственность страховая компания. Неотъемлемой частью закона являются Правила страхования ОСАГО, которые регламентируют покрываемые риски, а также лимиты, в рамках которых производится возмещение. Например, если в ДТП участвовало две машины, то лимит на возмещение стоимости ремонта транспортного средства (ТС) составляет 120 тысяч рублей.

У потерпевшего есть несколько способов получения страхового возмещения. Первый способ предполагает, что потерпевший обращается с заявлением в страховую компанию виновника. Она производит уточнение обстоятельств ДТП, осмотр потерпевшего транспортного средства и осуществляет расчет размера страхового возмещения. Такая схема в текущей практике, хотя и является основной, но зачастую оказывается для потерпевшего неудобной и невыгодной. Главной проблемой такого подхода является то, что потерпевший вынужден общаться с совершенно чужой для него компанией. А для страховой компании виновника нет совершенно никаких стимулов для предоставления потерпевшему, как качественного

сервиса, так и выплаты адекватного размера. На практике известны такие парадоксальные ситуации, когда потерпевший даже просто не мог найти офис малоизвестной страховой компании для подачи заявления.

Для решения подобных проблем в 2009 году была введена альтернатива классической схеме урегулирования – прямое возмещение ущерба (ПВУ). При возникновении страхового случая потерпевший обращается за деньгами в свою страховую компанию напрямую. Потом уже без участия потерпевшего между страховыми компаниями происходит взаиморасчет. Такая система создает необходимые условия для более качественного урегулирования, так как для страховой компании потерпевший в первую очередь является клиентом, к которому необходимо относиться максимально лояльно. Если клиент останется всем доволен, то и в следующем году он «проголосует» рублем за свою текущую компанию, а может даже приобретет другие страховые продукты. Естественно при таком подходе компании потерпевшего необходимо соблюдать некоторый баланс. С одной стороны, так как выплата осуществляется своему клиенту и будет возмещена в дальнейшем, то может возникнуть желание выплачивать большие суммы. С другой стороны страховая компания виновника, имея информацию об убытке, может оспорить слишком щедрое возмещение, что грозит компании потерпевшего определенными санкциями. Ожидаемый эффект от введения системы ПВУ заключался в увеличении уровня выплат и повышении качества обслуживания клиентов. Однако на практике подобная система столкнулась с рядом существенных проблем, решения которых на текущий момент весьма активно обсуждаются в страховом сообществе. Одним из таких решений является ввод бельгийской системы ПВУ. Ее более подробное описание будет приведено позже.

Метод проведенного исследования состоит в моделировании бельгийской системы ПВУ и последующем анализе полученных результатов. Но перед тем как приступить непосредственно к построению модели, в

работе приведено описание текущей практики страхования ОСАГО и обозначена основная проблематика, связанная с этой линией страхового бизнеса в России. Отдельное внимание уделено проблемам в прямом урегулировании, так как именно их и должно решить нововведение. Так как ПВУ это одна из составляющих системы урегулирования, то крайне важным является понимание того как происходит ценообразование убытка и какой автопарк эти убытки порождает. Для ответа на эти ключевые вопросы в работе предложены три дополнительные модели. При этом каждая из этих моделей может быть использована для решения достаточно обширного круга задач.

Достаточно очевиден тот факт, что размер убытка сильно зависит от стоимости машины. Но ни одна страховая компания на рынке не производит оценку автомобиля потерпевшего во время урегулирования, поэтому в страховых базах данных информации о стоимости нет. Максимум что известно о машине потерпевшего это марка, модель и год выпуска. Отсутствие необходимых данных призвана решить первая дополнительная модель – модель определения актуальной стоимости автомобиля. Для ее построения был разработан целый комплекс программ на различных языках программирования (VBA, C#, R), который, кстати говоря, уже нашел свое применение на практике. Одной из таких программ стал интернет-робот, просматривающий объявления о продаже транспортных средств и собирающий необходимую информацию о ценах и характеристиках продаваемых автомобилей. На этих данных с применением эконометрических методов и строится модель оценки стоимости автомобиля.

Получив инструмент для определения стоимости подержанного транспортного средства, строится вторая дополнительная модель - модель размера убытков. Она реализована с учетом имеющейся в распоряжении страховой статистики. При выборе эконометрических методов учитывается

специфика страхового покрытия по ОСАГО: сумма выплат ограничена лимитом возмещения, то есть данные о величине убытка ограничены справа.

Третья дополнительная модель – модель структуры автомобильного парка. Она необходима для понимания того, каким транспортным средствам страховщику возможно предстоит оплачивать ремонт. Для реализации этой модели использовались данные, полученные из интернет-объявлений. На основании вспомогательных моделей было произведено численное моделирование бельгийской системы ПВУ, которое позволило проанализировать ее сильные и слабые стороны.

Сама методология исследования состоит в том, что вводится новая интегральная характеристика системы ПВУ – профиль прибыльности:

$$M(\Delta), \quad \Delta \in \{(0; 1000], (1000, 2000], \dots, (119000; 120000]\}$$

случайная величина дохода страховой компании от применения системы ПВУ как функция от параметра, отвечающего за определенный диапазон убытков. На основе построенных моделей размера убытка и структуры автопарка эмпирическим путем оцениваются параметры распределений для бельгийской и используемой в настоящее время системы, и проводится их сравнительный анализ.

Актуальность проведенного исследования определяется следующими факторами. Во-первых, возможный ввод бельгийской системы многими участниками страхового сообщества расценивается как способ преодоления накопившихся в ОСАГО проблем. Поэтому крайне важным является более подробное изучение этого подхода с учетом текущей практики урегулирования убытков. Во-вторых, каждая из дополнительных моделей сама по себе представляет существенный практический интерес. Модель размера убытков и структура автопарка отвечают на вопросы «что по дорогам ездит?» и «как сильно это бьется?». Это ключевые вопросы в автостраховании ответственности. Поэтому применение построенных

моделей может быть весьма обширным: начиная моделированием рынка ОСАГО в целом, заканчивая разработкой и тарификацией новых страховых продуктов.

В этом плане несколько особняком стоит модель определения стоимости ТС, так как она не может быть сильно востребована в вопросах, касающихся страхования ответственности. Но оценка стоимости машин является одной из важнейших задач при заключении договора комплексного страхования автотранспорта (КАСКО). Существующие методы оценки машин не всегда удобны для применения и зачастую требуют дополнительных финансовых вложений. Модель и написанный программный инструментарий позволяют получить достаточно точный и актуальный справочник цен автомобилей.

Из литературы, которая затрагивает исследование систем прямого урегулирования можно выделить работу «Direct reimbursement schemes in compulsory motor liability insurance» [2]. Данное исследование было проведено в 2006 году, когда в Италии активно обсуждалась целесообразность перехода на взаиморасчет фиксами между местными страховыми компаниями по убыткам, урегулированным в рамках системы ПВУ. В нем моделируются последствия ввода новой системы взаиморасчетов для компаний разных размеров. Главный вывод, который делают авторы, заключается в том, что система расчетов фиксами справедлива при условии, что портфели компаний обладают приблизительно одинаковыми свойствами частотности и тяжести убытка, то есть они несильно отличаются от рыночного портфеля. При этом авторами отмечаются несомненные преимущества использования системы фиксов: снижение расходов на урегулирование и повышение качества обслуживания клиентов. Особое место в работе уделяется возможным рискам злоупотребления страховыми компаниями, связанными, например, с селекцией убытков (более подробно эта проблема будет рассмотрена далее). По мнению авторов, подобные

проблемы могут быть решены только усилением контроля как со стороны государственных органов, так и со стороны самих участников страхового рынка. Из обзоров, посвященных российской практике урегулирования убытков по ПВУ, можно выделить статью «Бизнес на селекции убытков» [3], в которой приводятся точки зрения различных экспертов и рассматриваются различные способы решения накопившихся в системе ПВУ проблем. Также нельзя не отметить, что не было найдено ни одной работы, которая посвящена более-менее серьезному численному анализу как системе прямого урегулирования в целом, так и бельгийской модели в частности. Скорее всего, если подобные исследования и проводились, то они не выходили за рамки страховых компаний. В этом плане предложенный в данной работе подход призван устранить этот пробел.

Структура работы выглядит следующим образом:

1. Глава 1 посвящена описанию текущей практики страхования ОСАГО и обзору существующих проблем. Особое внимание уделено процессу и методологии урегулирования убытков, как в рамках классической схемы, так и рамках системы прямого возмещения убытков. В конце этой части приводится описание новой системы взаиморасчетов по ПВУ.
2. В Главе 2 описывается общая схема моделирования бельгийской системы и обсуждаются необходимые вспомогательные модели, каждой из которых посвящен свой раздел.
3. В заключительной части работы (Глава 3) приводится схема проведенного численного моделирования бельгийской системы, а также анализ и обсуждение полученных результатов.

Глава 1. Текущая практика урегулирования убытков по ОСАГО

Перед тем как переходить непосредственно к описанию практики урегулирования убытков, сначала необходимо понимать, какие именно убытки покрывает ОСАГО. Согласно федеральному закону №40-ФЗ:

«Объектом обязательного страхования являются имущественные интересы, связанные с риском гражданской ответственности владельца транспортного средства по обязательствам, возникающим вследствие причинения вреда жизни, здоровью или имуществу потерпевших при использовании транспортного средства на территории Российской Федерации». [1]

То есть, покупая полис ОСАГО, водитель страхует свою ответственность перед другими участниками дорожного движения. Если по его вине наносится вред имуществу, жизни или здоровью третьих лиц, то убыток оплачивает застраховавшая его компания. Разумеется, существуют определенные лимиты возмещения, которые регламентируются правилами страхования ОСАГО:

«Страховая сумма, в пределах которой страховщик при наступлении каждого страхового случая (независимо от их числа в течение срока действия договора обязательного страхования) обязуется возместить потерпевшим причиненный вред, составляет:

в части возмещения вреда, причиненного жизни или здоровью каждого потерпевшего, - не более 160 тыс. рублей;

в части возмещения вреда, причиненного имуществу нескольких потерпевших, - не более 160 тыс. рублей;

в части возмещения вреда, причиненного имуществу одного потерпевшего, - не более 120 тыс. рублей. » [1]

На данный момент у потерпевшего в ДТП есть два способа получения возмещения убытка. Первый вариант - подача заявления о страховом возмещении в страховую компанию виновника. Страховая компания должна принять документы и в установленный срок произвести страховую выплату. Расчет суммы возмещения производится на основании специальной методики. Здесь стоит отметить, что на рынке до сих пор нет какого-то общего документа, регламентирующего порядок расчета: существует пять разных методик, которые по одному и тому же убытку могут давать различные оценки. Выплата рассчитывается исходя из правила «старое за старое»: стоимость поврежденной детали оплачивается с учетом износа, который рассчитывается по специальной формуле и зависит от возраста поврежденного транспортного средства. Цены на запчасти и стоимость ремонта берутся среднерыночными по региону.

Из-за отсутствия единой методики оказывается, что один и тот же убыток может быть оценен по-разному. Страховые компании в этой ситуации ведут себя по-разному. Конечно, есть те, которые стремятся повысить прибыльность страхования ОСАГО и, используя несовершенство закона, максимально занижают страховые выплаты. Но есть и те, кто урегулирует достаточно честно. Из-за того, что выплата рассчитывается по правилу «старое за старое» (то есть с учетом износа), потерпевшему практически никогда не удастся починить свою машину на деньги, выплаченные страховой компанией. Во многих случаях недовольный суммой возмещения человек обращается к независимым экспертам, которые в большинстве случаев дают более высокую оценку размера ущерба. Таким образом, человек считает, что его обманули и занизили выплату. Усугубляет ситуацию тот факт, что человек не имеет никакого отношения к компании-урегулировщику. У нее нет никаких стимулов относиться к человеку лояльно: например, предоставлять дополнительную информацию, объяснять как рассчитывается сумма выплаты и т.д. Все эти факты не только

формируют негативное потребительское отношение к ОСАГО, которое стало расцениваться как очередной налог, но и в последнее время создало целую отрасль бизнеса, которая зарабатывает на этом деньги. Речь идет об автоюристах, которые за небольшую плату помогают добиться желаемого размера выплаты через суд. Очень часто можно видеть, что около офисов страховых компаний стоят люди, которые встречают выходящих людей и предлагают услуги в судебном сопровождении дел. К слову сказать, в последнее время судебная практика в 99 случаях из 100 встает на сторону потерпевшего.

Второй вариант получения страхового возмещения – прямое урегулирование. Эта опция доступна не во всех случаях, а только когда ущерб не был причинен жизни или здоровью, и в ДТП участвовало ровно два транспортных средства. При использовании такой схемы потерпевший обращается за выплатой в свою страховую компанию. При этом используются те же формулы и методики определения размера убытка, что и при обычной схеме. Однако здесь есть два принципиальных отличия. Во-первых, выплаченный убыток будет возмещен компанией виновника, а, значит, исчезает стимул сознательного занижения убытка. Во-вторых, потерпевший является клиентом компании, что создает условия для более внимательного к нему отношения.

В системе ПВУ особый интерес представляет схема, по которой происходит взаиморасчет между компаниями. За каждый урегулированный по ПВУ убыток страховая компания потерпевшего получает компенсацию не реальной величиной выплаты, а фиксированной суммой – фиксом, который зависит от региона и типа транспортного средства. Например, по Москве и Московской области фиксы составляют: по легковым ТС отечественного производства – 12 377 рублей, по легковым ТС иностранного производства – 23 507 рублей, прочим транспортным средствам – 22 097 рублей. В случае если убыток оплачивается потерпевшему суммой меньше фикса, то

страховая компания получает дополнительную выгоду, в противном случае наоборот несет убытки. Фиксы по каждой группе рассчитываются как средние выплаты по ПВУ, произведенные за определенный период, на основании рыночной статистики. Главное достоинство использования фиксов – простота. На данный момент не существует какой-либо унифицированной системы ведения страхового учета. Некоторые компании используют «1С», некоторые «Диасофт», некоторые используют программное обеспечение собственной разработки, а достаточно небольшие региональные компании даже могут использовать только средства Microsoft Office. Наладить передачу исчерпывающей информации о страховом событии между всеми этими системами задача практически нереальная. А так как фикс – это среднее, то в среднем положительные разницы между реальными выплатами и фиксами компенсируются отрицательными. Конечно, это утверждение верно только для компаний, у которых структура портфеля похожа на рыночную. Но в целом, предполагается, что такая схема взаиморасчета более-менее честная. Также в пользу использования такой системы говорит успешный опыт применения во многих европейских странах.

Ниже схематично изображены обычная схема урегулирования и схема урегулирования по ПВУ.



Рисунок 1. Схема взаиморасчетов по обычной системе урегулирования убытков

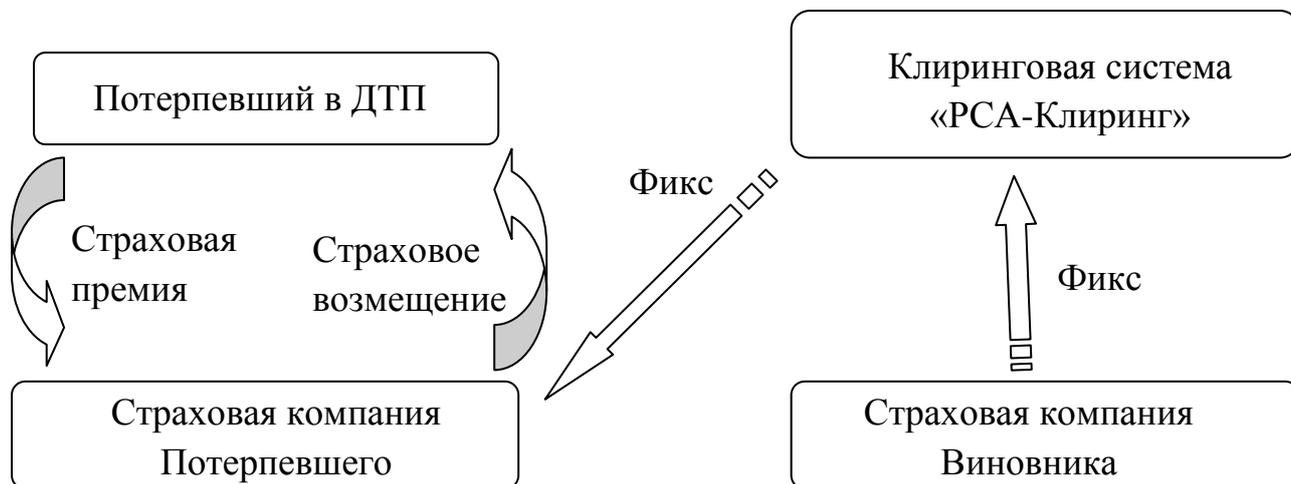


Рисунок 2. Схема взаиморасчетов по системе ПВУ

Однако на практике оказалось, что некоторые страховые компании научились зарабатывать на такой системе. Это наглядно демонстрируют данные в Таблице 1, в которой приведены финансовые показатели некоторых компаний в системе ПВУ:

Таблица 1. Результаты работы страховщиков в системе ПВУ за I полугодие 2012 г.

Наименование СК	Фин. Результат (тыс. руб.)
Росгосстрах	200 905
РЕСО-Гарантия	94 466
Альянс	25 946
ВСК	21 281
СГ МСК	- 8 101
АльфаСтрахование	- 17 276
Согласие	- 29 887
Ингосстрах	-108 178

Источник: АСН, по данным ФСФР [4]

Причина таких разных финансовых результатов кроется в таком понятии как селекция убытков. Ее можно разделить на два типа – естественную и преднамеренную:

1. Естественная селекция возникает из-за особенностей страхового портфеля компании. Очевидно, что чем дешевле машина, тем дешевле и ее ремонт, следовательно, выше вероятность того, что убыток будет ниже фикса. Таким образом, портфель, в котором преобладают недорогие машины, в случае возмещения по ПВУ может приносить прибыль.
2. Намеренная селекция убытков возникает из-за оппортунистического поведения некоторых страховых компаний: создаются такие условия приема заявлений, при котором у страховщика есть возможность предварительно оценить возможный размер убытка. В случае если убыток небольшой, то страховая компания с радостью его урегулирует, получая прибыль на положительной разнице между фиксом и выплатой. А когда с большой вероятностью итоговый размер убытка превышает фикс, то страховая компания изо всех сил старается тем или иным способом «убедить» клиента обращаться за возмещением к страховой компании виновника.

В последнее время вопрос о несправедливости системы ПВУ для некоторых страховщиков стал активно обсуждаться в профессиональной среде. В качестве возможного решения предлагается ввести бельгийскую систему ПВУ. Главная ее особенность заключается в том, что, хотя и остается система взаиморасчета фиксами, но они будут рассчитываться более сложным «случайным» способом. Предполагается, что при достаточно частой смене фиксов страховщик потеряет возможность заниматься селекцией убытков. Новый алгоритм расчета для каждой пары факторов регион – тип транспортного средства следующий:

1. Формируется выборка убытков, которые были урегулированы в рамках системы ПВУ за определенный период.
2. Убытки упорядочиваются по возрастанию и нумеруются.
3. Случайным образом выбирается число T от 1 до 99.
4. Если $T \leq 25$, то упорядоченное по возрастанию множество убытков делится на три группы. Порядковые номера элементов, определяющих границы групп N_{min} и N_{max} , определяются как

$$N_{min} = [N_{total} \cdot \frac{T}{100}]$$

$$N_{max} = [N_{total} \cdot \frac{100 - T}{100}]$$

где N_{total} - общее количество убытков, а $[\cdot]$ – функция взятия целой части. В первую группу попадают убытки с номерами от 1 до N_{min} , ко второй группе относят убытки с номерами в диапазоне от $N_{min} + 1$ до N_{max} , к третьей группе – от N_{max} до N_{total} .

5. Если $26 \leq T \leq 75$, то в этом случае всего две группы. Границей групп является число N_{avg} , которое рассчитывается как

$$N_{avg} = [N_{total} \cdot \frac{T}{100}]$$

где N_{total} - общее количество убытков, а $[\cdot]$ – функция взятия целой части. В первую группу попадают убытки с номерами от 1 до N_{avg} , в третью – от N_{avg} до N_{total} .

6. Если $76 \leq T \leq 99$, то в этом случае механизм группировки убытки схож пунктом 3, за тем лишь исключением, что N_{min} и N_{max} меняются местами.
7. После того как определено количество групп, внутри каждой из них рассчитывается величина среднего значения убытка – фикс. Границами диапазонов применения рассчитанных значений являются соответствующие убытки с порядковыми номерам N_{min} , N_{max} и N_{avg} .

Основываясь на представленном выше алгоритме и реальной страховой статистики, было реализовано численное моделирование новой системы взаиморасчетов по ПВУ.

Глава 2. Методология моделирования систем прямого возмещения убытков

Для более целостного восприятия изложенного в этой части работы материала ниже приводится общая схема построения модели. Она выглядит следующим образом:

1. На первом этапе специальная программа скачивает данные о ценах и характеристиках машин с крупнейшей российской интернет-доски объявлений.
2. На основании этих данных строится модель зависимости стоимости транспортного средства от таких факторов как год выпуска, объем двигателя, пробег и т.д.
3. Для модели размера убытка используются данные о страховых выплатах по ОСАГО, которые в том числе содержат информацию о транспортном средстве потерпевшего. В качестве одного из факторов в модели величины убытка участвует стоимость машины, которая рассчитывается на основании модели, описанной в предыдущем пункте.
4. С учетом скаченной информации из объявлений о продаже машин описывается структура парка транспортных средств в московском регионе (Москва + Московская область) по возрасту и стоимости.
5. На заключительном этапе к структуре парка транспортных средств применяется модель оценки величины убытка. С ее помощью генерируются убытки, по которым в дальнейшем рассчитываются фиксы по новой бельгийской системе.



Рисунок 3. Схема построения модели бельгийской системы ПВУ

В первую очередь, говоря о построение какой бы то ни было модели, необходимо сделать и обосновать определенные предположения, на которых она будет базироваться. Обсуждение этих предположений предложено ниже.

Во-первых, необходимо сделать пару замечаний относительно особенностей страхования ответственности. В имущественных видах страхования страховщик берет под финансовую защиту какой-то объект, будь то машина, судно или дом, и в случае наступления страхового события принимает на себя обязательства по восстановлению объекта до состояния на момент заключения договора. При этом у страховой компании есть

возможность провести предварительную оценку свойств объекта и размер возможных выплат по нему. В страховании ответственности компания, принимая обязательства, не может наперед знать какому объекту будет причинен ущерб, который придется возмещать. Применительно к ОСАГО это звучит так: страховая компания не может оценить какой машине ее клиент нанесет ущерб. Предположим, что в регионе ездят только недорогие отечественные машины, ремонт которых сравнительно недорогой. Значит, и размеры выплат по ОСАГО будут относительно небольшими. Если же региональный парк в основном состоит из дорогих машин премиум класса, то и убытки будут иметь весьма солидный размер. Следуя этой логике, сделано следующее предположение.

Предположение 1. Рыночное распределение величины убытков, на основании которого рассчитываются фиксы, зависит только от структуры парка транспортных средств в регионе.

Конечно, на размер ущерба могут влиять и другие факторы, например, дорожная инфраструктура, уровень урбанизации региона и т.д. Однако основным фактором все-таки является парк ТС, а прочие факторы так или иначе будут учтены в самой страховой статистике, на основании которой будет строиться модель величины ущерба.

Во-вторых, как уже было сказано, текущая практика урегулирования убытков ОСАГО подразумевает некоторое занижение суммы страховой выплаты. К сожалению, ни в одной страховой системе не заносятся данные о размере, на который была снижена выплата. По опыту общения со специалистами, занимающимися непосредственно урегулированием убытков, нельзя сказать, что выработана определенная методика занижения выплат. Скорее она носит случайный характер и во многом зависит от самого специалиста и каждого конкретного страхового случая. Поэтому для модели оценки размера убытка было бы неправильно использовать обычную статистику выплат одной конкретной страховой компании, так как она

искажена процессом урегулирования и является субъективной. Все-таки в разных компаниях работают разные люди, у которых разные подходы к урегулированию и т.д. В этой ситуации реальным выходом стал анализ статистики по делам, по которым сначала произошло урегулирование в рамках компании, а затем потерпевший обратился в суд по причине своего недовольства размером выплаты и выиграл дело. Таким образом, эта статистика позволяет увидеть реальный уровень возмещения, на который рассчитывает потерпевший. Так как модель величины убытка рассматривается в рамках системы ПВУ и вполне обоснованного предположения о лояльности отношения компания к своему клиенту, было сделано следующее предположение.

Предположение 2. В качестве объективной оценки убытка используется статистика судебных дел, которая отражает реальные ожидания потерпевших о размере страхового возмещения.

На мой взгляд, текущая ситуация в части урегулирования – это локальный кризис системы ОСАГО и рано или поздно он будет решен, например, законодательно. Не так давно много шума наделала новость о том, что к судебным делам по ОСАГО может применяться закон о защите о прав потребителей. Этот закон предполагает, что страховая компания не только производит страховую доплату по решению суда, но и выплачивает солидный штраф в размере 50% от размера убытка. Также текущая ситуация противоречит самой идее страхования как инструмента защиты имущественных интересов людей, поэтому нет никаких сомнений, что практика урезания убытков уйдет в прошлое.

В рамках данной работы проведен анализ системы ПВУ по двум наиболее крупным сегментам: легковые транспортные средства отечественного и иностранного производства в московском регионе (Москва + Московская область). Выбор региона обусловлен его крупным размером и хорошим качеством доступных статистических данных. Выбор сегмента

легковых транспортных средств тоже определяется размером, а еще тем, что для легковых машин достаточно прозрачно ценообразование стоимости ремонта.

Модель 1. Зависимость стоимости транспортного средства от своих характеристик

Перед непосредственным описанием и более подробным обсуждением ниже приводится небольшой обзор модели и полученных результатов.

Цель построения модели. Главным фактором, влияющим на стоимость ремонта, является цена транспортного средства. Поэтому необходим инструмент, позволяющий производить оценку подержанной машины.

Данные. Для построения модели используются данные, полученные из интернет-объявлений о продаже машин. Они содержат в себе информацию о цене, марке, модели, годе выпуска, а также о таких характеристиках автомобиля как тип кузова, объем двигателя и т.д.

Полученный результат. Для 264 марок-моделей были оценены регрессионные уравнения вида

$$\ln(\text{Price}) = X\beta + \varepsilon,$$

где Price - цена транспортного средства, матрица X задает значения наблюдаемых характеристик машины, β - вектор оцениваемых коэффициентов, ε - вектор случайных ошибок, который имеет нормальное распределение $N(0, \sigma^2)$. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о хорошем качестве построенной модели.

Теперь можно перейти к подробному обсуждению модели и используемых для ее построения методов.

Размер убытка можно представить как сумму стоимости запасных частей и стоимости ремонтных работ. Очевидно, что цена запчастей напрямую зависит от стоимости машины. А затраты на ремонтные работы напрямую зависят от стоимости нормочаса, то есть цены одного часа работы автомеханика. Практически для всех сервисов справедливо утверждение: чем

дороже стоит машина, тем выше цена нормочаса. Отсюда следует довольно очевидный вывод о том, что одним из важнейших факторов, определяющих размер убытка, является стоимость автомобиля. В настоящее время сотрудники страховых компаний, которые специализируются на страховании автотранспорта, очень часто сталкиваются с проблемой оценки подержанного ТС. Для этих целей существует несколько специализированных справочников (в качестве примера можно привести справочник цен НАМИ). Однако использование подобных инструментов сопряжено с рядом существенных недостатков: такие справочники порой слишком подробны, а также не предусматривают возможности быстрой оценки большого списка транспортных средств. Для решения проблемы оценки актуальной стоимости подержанной машины использовалась информация, указанная в объявлениях о продаже машин на крупнейшем сайте объявлений России «Avito.ru». Для скачки и первичной обработки данных с нуля был разработан специальный программный инструмент. Его главной частью является программа, написанная на языке программирования C# и работающая по следующей схеме:

1. На первом шаге программа заходит в соответствующий раздел сайта о продаже подержанных транспортных средств в Москве и области и, анализируя HTML-код страницы, собирает ссылки на доступные для выбора марки машин.
2. На втором этапе программа заходит по полученным на предыдущем шаге ссылкам и собирает информацию о доступных моделях.
3. Во время следующего прохода программы сохраняются ссылки уже непосредственно на объявления о продаже машин.
4. При анализе самих объявлений собираются следующие доступные данные о продаваемом автомобиле: марка, модель, цена, год выпуска, объем двигателя, тип двигателя, вид кузова, трансмиссия,

тип используемого топлива и пробег. В Таблице 2 продемонстрирован формат получаемых данных.

Таблица 2. Формат полученных данных

Цена	Марка	Модель	Объем двигателя	Трансмиссия	Тип топлива	Кузов	Год выпуска	Пробег
599 000	Opel	Astra	1.6V	АТ	бензин	хетчбэк	2010	35 000 - 39 999 км
580 000	Opel	Astra	1.8V	АТ	бензин	купе	2010	15 000 - 19 999 км
580 000	Opel	Astra	1.8V	АТ	бензин	седан	2010	55 000 - 59 999 км
467 000	Opel	Astra	1.8V	АТ	бензин	хетчбэк	2008	45 000 - 49 999 км
580 000	Opel	Astra	1.6V	АТ	бензин	хетчбэк	2010	60 000 - 64 999 км
479 000	Opel	Astra	1.3V	МТ	дизель	универсал	2010	50 000 - 54 999 км
474 000	Opel	Astra	1.6V	МТ	бензин	хетчбэк	2010	55 000 - 59 999 км
580 000	Opel	Astra	1.8V	АТ	бензин	хетчбэк	2010	35 000 - 39 999 км
479 000	Opel	Astra	1.8V	АТ	бензин	хетчбэк	2008	55 000 - 59 999 км

Также стоит отметить, что на этапе формирования окончательных таблиц с данными происходит первичная чистка от заведомо недостоверных или неверно обработанных данных.

Всего было собрано и обработано чуть более 85 тысяч объявлений о продаже 87 различных марок машин, начиная от широко известных автомобильных брендов, заканчивая мелкосерийными и малоизвестными марками. Диапазон годов выпуска также весьма обширен и охватывает около 30 лет. На основании собранной информации строятся регрессионные уравнения зависимости стоимости транспортного средства от своих характеристик. Далее приводится описание факторов кроме марки и модели, которые участвовали в построении регрессионной и модели:

Год выпуска. Принимает значения с 1981 по 2013. Характеризует год выпуска транспортного средства. При построении модели преобразуется к виду

что означает количество лет эксплуатации автомобиля. Преобразованная переменная рассматривается как непрерывная.

Объем двигателя. Возможные значения: совокупно данная переменная принимает более 50 различных значений «0.8V», «0.9V», «1.0V», ..., «5.8V», «5.9V», «6.0V». Переменная обозначает объем двигателя в литрах (или в 1000 см³). То есть значение «1.8V» означает наличие у транспортного средства двигателя объемом 1,8 литра. Рассматривается как категориальная переменная, то есть в расчете под каждое уникальное значение фактора заводится своя dummy-переменная.

Трансмиссия. Возможные значения: «АТ», «МТ». Данная переменная обозначает тип коробки переключения передач: автоматическая («АТ») и механическая («МТ»). Рассматривается как категориальная переменная.

Тип топлива. Принимает три возможных значения: «бензин», «дизель» и «гибрид». Характеризует вид используемого топлива. Рассматривается как категориальная переменная.

Кузов. Принимает 11 различных значений: «кабриолет», «купе», «седан», «хэтчбек», «универсал», «кроссовер», «минивэн», «внедорожник», «пикап», «лимузин», «фургон». Обозначает тип кузова автомобиля. Значение переменной «фургон» имеют не относящиеся к категории В транспортные средства: например, газели, Mercedes-Benz Sprinter, Peugeot Boxer и т.д. Рассматривается как категориальная переменная.

Пробег. Принимает 39 различных значений вида «0 - 4 999 км», «5 000 - 9 999 км»,..., «400 000 - 449 999 км», «450 000 - 499 999 км», «>500 000 км» и означает диапазон пробега машины на момент продажи. При построении модели преобразует к виду

$$\frac{[\text{Нижний диапазон пробега}] + [\text{Верхний диапазон пробега}]}{2 \cdot (2013 - [\text{Год выпуска}]) \cdot 1000},$$

что имеет смысл среднегодового пробега машины (в тыс. км) и отражает степень интенсивности использования автомобиля. Например, если машина 2003 года и имеет пробег из диапазона «200 000 - 249 999 км», то преобразованное значение будет равняться 22.5. В случае если машина произведена в 2013 году, то возможны два варианта: если старое значение переменной пробег равно «0 - 4 999 км», то новое значение принимается равным нулю. В противном случае новое значение равняется 17, что является среднегодовым пробегом (в тыс. км) среднестатистического водителя. Преобразованная переменная в регрессионных уравнениях рассматривается как непрерывная величина.

Для построения модели можно реализовать один из трех различных подходов. Во-первых, можно построить единственное уравнение на всем объеме данных. В этом случае дополнительно в расчете должны участвовать такие факторы как Марка и Модель, которые задаются через соответствующие *dummy*-переменные. Достоинством такого подхода является простота дальнейшего использования и его применимость для оценки стоимости практически любого транспортного средства. Однако подобная универсальность может существенно исказить полученные оценки, так как дополнительные факторы Марки и Модели не могут в полной степени отразить разницу в ценах у разных производителей. У всех крупных производителей машин есть широкий набор технических узлов и агрегатов, из которых состоит машина (кузовная база, линейка двигателей, электрика, материалы отделки и т.д.). Совокупность подобных узлов, каждый из которых производится с соблюдением определенной технологии, которая тоже может очень сильно различаться даже в рамках одного производителя, и определяет окончательную стоимость машины.

Второй подход заключается в том, что для каждой марки можно построить свое регрессионное уравнение. При таком подходе сохраняется относительная простота использования и универсальность. Однако в целом критика этого способа остается такой же, как и в предыдущем пункте: такая модель не может в полной мере отразить существенное различие в продуктовой линейке и техническом оснащении внутри каждой марки. Таким образом, последним вариантом является построение своего собственного регрессионного уравнения для каждой марки-модели. Этот подход и был реализован в работе. В пользу корректности применения такого подхода говорят не только хорошие расчетные результаты, но и опыт применения этих результатов на практике: на основании полученных уравнений была разработана небольшая программа-калькулятор, позволяющая определить среднюю стоимость выбранной марки-модели с заданной комплектацией. Этот калькулятор успешно применяется на практике. Интерфейс данной программы приведен ниже:

Марка	Модель	Год выпуска
OPEL	ASTRA	2008
Пробег, км	Вид топлива	Тип кузова
85000	Бензин	Седан
Объем двигателя	Коробка переключения передач	
1.8 литра	Механическая	

Рекомендуемая цена	422 000	
	от	до
	396 000	450 000

Рисунок 4. Интерфейс работы программы по оценке стоимости машин, работающей на основании результатов построенной модели

Таким образом, для каждой марки-модели рассматривается уравнение вида:

$$\ln(\text{Price}) = X\beta + \varepsilon,$$

где $Price$ - цена транспортного средства, матрица X задает значения наблюдаемых факторов, β - вектор оцениваемых коэффициентов, ε – вектор случайных ошибок, который имеет нормальное распределение $N(0, \sigma^2)$. При этом список оцениваемых уравнений формируется с учетом некоторых ограничений:

1. Из рассмотрения исключаются наблюдения по транспортным средствам с количеством лет эксплуатации более 15 лет.
2. Размер оставшейся статистики должен быть больше или равен 50 наблюдениям.

Исключение старых машин из рассмотрения обусловлено тем, что в таком возрасте основным фактором, влияющим на стоимость машины, является ее состояние: степень износа кузова и двигателя, а не возраст и комплектация. Включение подобных данных может ухудшить качество получаемых оценок.

Так как количество марок-моделей достаточно велико, то процесс оценки коэффициентов производился автоматически. В статистическом пакете R была реализована программа по следующему алгоритму:

Шаг 1. Данные, в которых категориальные факторы уже преобразованы в виде соответствующего набора *dummy*-переменных, подаются на вход программы.

Шаг 2. Из матрицы факторов исключаются линейно-зависимые столбцы. Происходит расчет оценок коэффициентов, стандартных ошибок и их уровней значимости. Далее идет последовательное исключение незначимых факторов с уровнем значимости более 5%.

Шаг 3. На основании полученных оценок рассчитываются остатки, которые потом «студентизируются» по следующей формуле:

$$\varepsilon_i^{studentized} = \frac{\hat{\varepsilon}_i}{\hat{\sigma}(1 - h_{ii})}$$

$$h_{ii} = \text{diag}(H), \quad H = X(X'X)^{-1}X'$$

где $\hat{\varepsilon}_i$ – i -тый оцененный остаток, а $\hat{\sigma}$ – оценка стандартной ошибки остатков, X – матрица наблюдений. Далее рассчитывается значение статистики Стьюдента с количеством степеней свободы равным количеству наблюдений минус один и уровнем значимости 0,5%. Далее все «стьюдентизированные» остатки сравниваются с рассчитанной статистикой. Если все они меньше этого значения, то алгоритм заканчивает работу и выводит необходимые результаты. В противном случае из исходных данных убирается наблюдение, соответствующее наибольшему по модулю остатку, и алгоритм переходит на Шаг 2. Подобная проверка используется для исключения влияния выбросов на итоговые оценки.

Результаты работы программы включают в себя следующие данные: оценки коэффициентов $\hat{\beta}$ при значимых факторах, оценку стандартной ошибки остатков $\hat{\sigma}$, коэффициент качества подгонки модели R^2 и скорректированный $R_{adjusted}^2$. Также справочно выводится количество наблюдений, на которых были рассчитаны оценки, и уровень значимости Лилифорс-теста (Lilliefors-test), который используется для тестирования гипотезы нормальности остатков. Результаты расчета по каждой марки-модели записываются в три файла: в первый выводятся данные с оценками коэффициентов и необходимыми статистиками, во второй файл выводится матрица $(X'X)^{-1}$. Построенная модель в дальнейшем используется для оценки стоимостей машин потерпевших в ДТП. Однако в страховые системы не заносятся полные данные о комплектации автомобиля, типе кузова, объеме двигателя и т.д., а известны только данные о марке, модели и годе выпуска. Неизвестные данные заполняются наиболее часто встречаемыми значениями: для этого весь диапазон возраста машин делится на три группы: от 0 до 3 лет, от 4 до 7 лет и от 8 до 15 лет. Для каждого такого диапазона рассчитывается наиболее вероятная комплектация и выводится в третий файл. На Рисунке 5 приведен формат вывода полученных результатов: в

файлы с приставкой «-res» выводятся коэффициенты модели и необходимые статистики, с приставкой «-compl» - данные о наиболее распространенных комплектация, с приставкой «-mat» - матрица $(X'X)^{-1}$.

Имя	Размер	Тип	Изменен
AUDI A3-compl.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A3-mat.txt	2 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A3-res.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A4-compl.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A4-mat.txt	3 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A4-res.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A5-compl.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A5-mat.txt	2 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A5-res.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A6-compl.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A6-mat.txt	5 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A6-res.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A8-compl.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A8-mat.txt	3 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI A8-res.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI ALLROAD-compl.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI ALLROAD-mat.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI ALLROAD-res.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI Q5-compl.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI Q5-mat.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI Q5-res.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI Q7-compl.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI Q7-mat.txt	3 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05
AUDI Q7-res.txt	1 КБ	Текстовый документ	24.04.2013 13:05

Рисунок 5. Формат вывода результатов оценки моделей

Например, для AUDI A3 полученное уравнение выглядит следующим образом:

$$\ln(\text{Price}) = 14.210 - 0.096 \cdot \text{Age} - 0.006 \cdot \text{AvgMileage} - 0.50 \cdot V1_2 - 0.38 \cdot V1_4 - 0.42 \cdot V1_6 - 0.37 \cdot V1_8 - 0.32 \cdot V1_9 - 0.33 \cdot V2_0 + 0.04 \cdot AT$$

где *Price* – цена транспортного средства, *Age* – количество лет эксплуатации, *AvgMileage* – среднегодовой пробег, dummy-переменные *V1_2*, *V1_4*, *V1_6*, *V1_8*, *V1_9*, *V2_0* - отвечают за наличие у машины двигателя соответствующего объема. Dummy переменная *AT* отвечает за наличие в комплектации автоматической коробки передач. Стандартная

ошибка построенной модели равна 0.081. Коэффициент качества построенной модели R^2 равен 0.930, скорректированный $R^2_{adjusted}$ составляет 0.927. Такие большие значения указывают на то, что модель достаточно хорошо описывает данные. Рассчитанное P-value Лилифорс-теста на нормальность остатков составляет 0.16, что указывает на то, что гипотеза о нормальном распределении остатков не отвергается на 5-ти процентном уровне значимости.

Результаты получившейся модели хорошо согласуются с действительностью: с ростом времени эксплуатации стоимость машины падает (при прочих равных на 9.2% в год), наличие автомата увеличивает стоимость машины (при прочих равных на 4%). Отрицательные коэффициенты при различных значениях объема двигателя связаны с тем, что за «базовую» комплектацию принимается машина с объемом двигателя 2.4 литра, который стоит дороже по сравнению с менее мощными аналогами. Заметим, что с ростом объема двигателя коэффициенты немонотонны, то есть машина с двигателем 1.4 литра стоит дороже чем, машина с двигателем 1.6 литра. Это, по всей видимости, связано с тем, что автомобиль с объемом двигателя 1.4 литра оснащается турбиной, что в целом увеличивает итоговую стоимость.

По описанному алгоритму было оценено 264 регрессионных уравнения. На графике ниже проиллюстрированы получившиеся результаты.

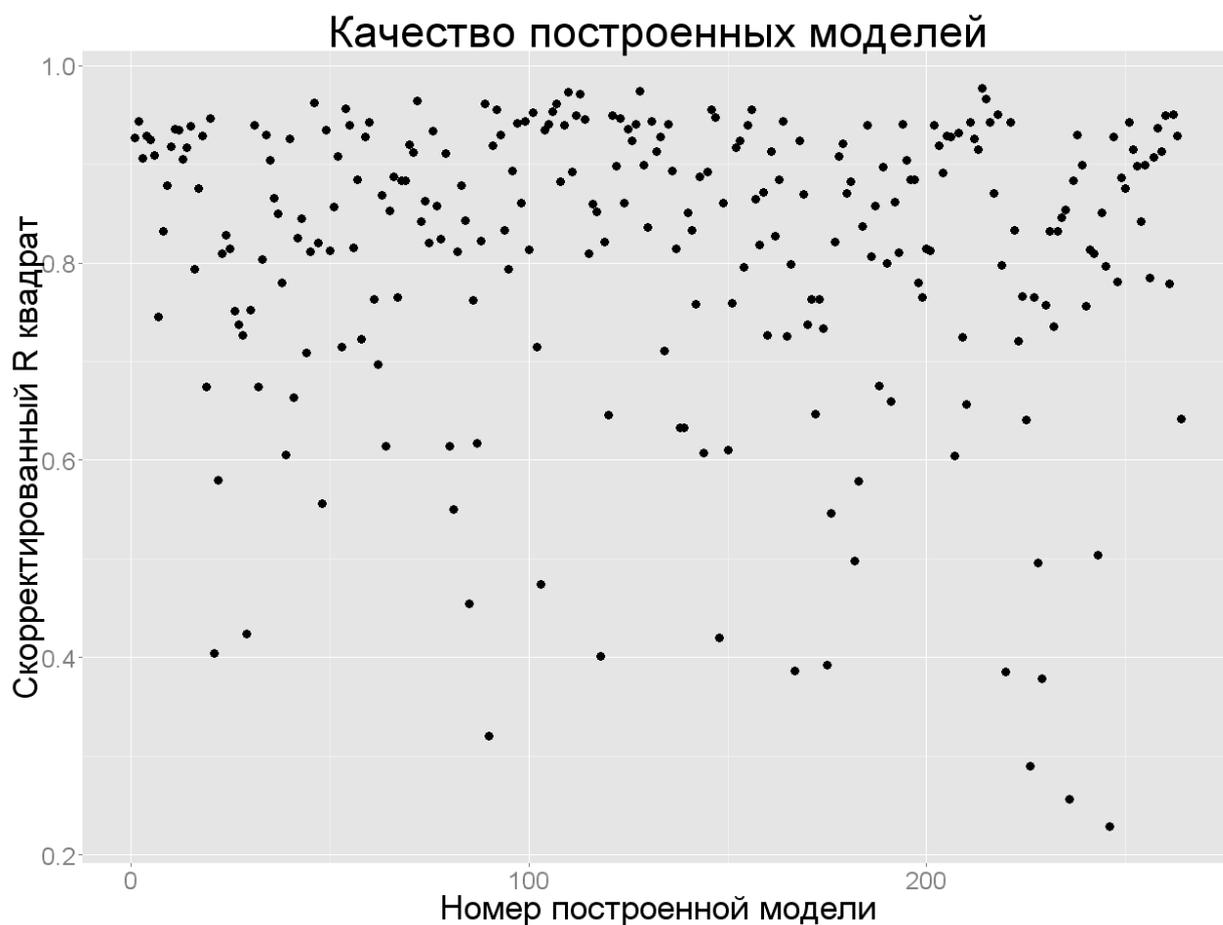


Рисунок 6. Качество построенных моделей

Дополнительно были рассмотрены марки-модели, для которых $R_{adjusted}^2 < 0.5$. Таких моделей всего 14 штук. В основном это не слишком распространенные в настоящее время марки-модели, такие как ИЖ 2126, OPEL OMEGA, MAZDA 626 и т.д. Из более-менее популярных ТС можно выделить разве что ВАЗ 2109 ($R_{adjusted}^2 = 0.38$), KIA СПЕКТРА ($R_{adjusted}^2 = 0.48$), HYUNDAI SOLARIS ($R_{adjusted}^2 = 0.45$) и CHEVROLET LANOS ($R_{adjusted}^2 = 0.42$). По каждой марки-модели из этого списка результаты моделей сравнивались с текущей практикой оценки таких машин. В конечном итоге был сделан вывод о том, построенные модели хорошо отражают действительность.

Модель 2. Модель размера ущерба

Так же как и в предыдущей части, перед тем как перейти к более подробному описанию модели размера ущерба ниже приводится ее краткий обзор и полученные результаты.

Цель построения модели. Для моделирования расчета фиксов по бельгийской системе ПВУ необходимо понимать, как зависит размер убытка от характеристик автомобиля, который этот убыток порождает.

Данные. Для построения модели используются данные о выплатах, по которым производилась доплата по решению суда. Эти данные отражают реальные ожидания потерпевших о сумме страхового возмещения.

Полученный результат. Для иностранных и отечественных транспортных средств были построены модели зависимости размера убытка от стоимости и возраста машины:

$$\ln(Ultimate_loss_i) = \beta_0 + \beta_1 Year_i + \beta_2 \ln(Ins_sum_i) + \varepsilon_i$$

$$\varepsilon_i \sim N(0, \sigma_i^2)$$

$$\sigma_i = \exp [\gamma_0 + \gamma_1 Year_i + \gamma_2 \ln(Ins_sum_i)]$$

где $Ultimate_loss_i$ – размер убытка, $Year_i$ – возраст транспортного средства, Ins_sum_i – стоимость автомобиля.

Теперь можно перейти к подробному обсуждению модели и используемых для ее построения методов.

Модель размера ущерба строится на данных о страховых выплатах, урегулированных в судебном порядке за период с 2011 года по 1 квартал 2013 года. Данные содержат полную сумму убытка, марку, модель транспортного средства потерпевшего, VIN, а также год выпуска. Информация о машине потерпевшего заносится в систему на основании

протокола о ДТП, который составляется на месте аварии. К сожалению, формат этого протокола не подразумевает иных сведений, касающихся характеристик автомобиля потерпевшего.

В принципе уже достаточно давно все крупные автопроизводители перешли к стандартизированной системе формирования VIN кода. Он состоит из 17 символов, каждый из которых несет в себе ту или иную информацию об автомобиле. Например, практически всегда первые три цифры кодируют страну и завод, на котором была собрана машина. Однако для оставшихся 14 символов у каждого производителя есть свои стандарты кодировок о марке, модели, годе выпуска, типе кузова и т.д. Теоретически, расшифровав VIN код, можно получить исчерпывающую информацию о комплектации машины, однако на практике реализовать это очень проблематично, ввиду отсутствия выверенных справочников в открытом доступе. Интернет ресурсы, которые специализируются на дешифровке VIN-кода, почти всегда платные и не предназначены для обработки больших списков данных. Поэтому при расчете стоимости автомобиля используются только данные о марке, модели и годе выпуска.

Из общей массы судебных убытков выделялись те, которые могли быть урегулированы в рамках системы ПВУ. Иными словами они должны удовлетворять следующим условиям: не было причинено вреда жизни и/или здоровью, в ДТП участвовало ровно два транспортных средства. Также на данные накладываются условия, связанные с возможностью применения модели оценки стоимости: для марки-модели транспортного средства потерпевшего должно быть построено уравнение стоимости, и возраст автомобиля не должен превышать 15 лет. Последние два условия отсекают менее 10% наблюдений, что не должно сильно исказить результаты модели.

Ниже продемонстрирован формат и описание данных.

Таблица 3. Формат данных, используемых для построения модели оценки размера убытка

Loss_id	Loss	Court_loss	Mark	Model	Year	Ins_sum	Foreign	Ultimate_loss
3507768	-	11 001	Chevrolet	Aveo	4	326 000	1	11 001
3508481	38 849	81 151	Toyota	Avensis	3	813 000	1	120 000
3789690	45 853	74 147	Toyota	Corolla	5	517 000	1	120 000
3790001	7 567	9 013	Toyota	Land Cruiser	2	2 064 000	1	16 580
3901897	4 479	13 523	Mitsubishi	Lancer	2	580 000	1	18 002
3903038	-	6 160	Peugeot	407	3	512 000	1	6 160
3920439	-	6 758	Peugeot	107	2	362 000	1	6 758
3921454	-	25 416	Ford	Focus	5	399 000	1	25 416
806214	-	28 152	LADA	2112	5	208 000	0	28 152
3515690	91 809	28 191	Ford	Focus	1	601 000	1	120 000
3563623	52 233	67 767	Volkswagen	Golf	1	747 000	1	120 000

Loss_id – уникальный идентификатор убытка. Техническая переменная, в расчетах участия не принимает.

Loss – первоначальный размер выплаты, которую произвела страховая компания потерпевшему.

Court_loss – сумма доплаты, которую обязали страховую компанию выплатить по решению суда.

Ultimate_loss – полная величина убытка. Именно эту сумму потерпевших хотел бы получить в качестве возмещения. Определяется как сумма Loss + Court_loss.

Mark, Model, Year – марка, модель, количество лет эксплуатации транспортного средства потерпевшего.

Ins_sum – стоимость транспортного средства, которая оценивается по уже описанной в предыдущем разделе модели. Расчет производится по известной марке, модели и годе выпуска. Остальные необходимые для подстановки в

регрессионные уравнения данные берутся по наиболее вероятной комплектации с учетом возрастного диапазона.

Foreign – переменная - индикатор того, является ли машина иностранного (значение 1) или отечественного (значение 0) производства.

Так как размер выплат ограничен сверху значением лимита в 120 тысяч рублей, то убытки, полный размер которых превышает этот лимит, отражаются в статистике значением в 120 тысяч. То есть используемые данные - цензурированные, а значит, некорректно было бы использовать обычный МНК.

Оценка всех параметров модели производится на основании максимизации функции максимального правдоподобия. Сама функция и ее логарифм записывается следующим образом:

$$L = \prod_{i=1}^N [f(y_i)]^{I(i \notin Censored)} \cdot [1 - F(y_i)]^{I(i \in Censored)}$$

$$\ln L = \sum_{i \notin Censored} \ln[f(y_i)] + \sum_{i \in Censored} \ln[1 - F(y_i)]$$

где N - количество наблюдений, $y_i = \ln(Ultimate_loss_i)$, $Censored$ – множество номеров цензурированных наблюдений (при этом, если $i \in Censored$, то $y_i = \ln(120000)$). $I(i \notin Censored)$ и $I(i \in Censored)$ – соответствующие индикаторы того, является ли i -тое наблюдение цензурированным или нет. $f(y_i)$ и $F(y_i)$ – функция плотности и функция распределения нормальной случайной величины с законом распределения $N(\mu_i, \sigma_i^2)$, где

$$\mu_i = x_i \beta$$

$$\sigma_i = \exp[z_i \gamma]$$

Матрицы $X = \begin{bmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_i \\ \dots \\ x_N \end{bmatrix}$ и $Z = \begin{bmatrix} z_1 \\ \dots \\ z_i \\ \dots \\ z_N \end{bmatrix}$ задают участвующие в модели факторы, а

векторы β и γ - соответствующие этим факторам коэффициенты. В рассматриваемой модели предполагается наличие гетероскедастичности. При огромном разнообразии дополнительных библиотек в R функция, позволяющая оценить такую модель, отсутствует. Поэтому с нуля был реализован алгоритм расчета и максимизации логарифма функции максимального правдоподобия для оценки необходимых параметров. Естественно рассчитывались не только оценки, но и необходимые для определения уровня значимости статистики. Для расчета стандартных ошибок коэффициентов использовались диагональные элементы матрицы, обратной к гессиану логарифма функции максимального правдоподобия. Корректность работы написанного самостоятельно кода тестировалась на более простых моделях, для которых уже созданы проверенные программные решения.

Коэффициенты отдельно оцениваются для отечественных и иностранных автомобилей. Для каждого случая было рассмотрено несколько моделей, которые различались лишь набором факторов. Одним из наиболее важных критериев выбора спецификации была качественная интерпретация оценок и то, насколько они гармонично согласуются с действительностью. В частности особое внимание уделялось размеру средних выплат и динамики их поведения. Например, одна модель была отвергнута, так как показывала слишком высокие средние значения. По результатам другой модели, в которую был включен квадрат возраста, получалось, что средний убыток с ростом возраста сначала убывает, а с 7 лет начинает снова возрастать. Причем этот рост не компенсируется падением среднего от уменьшения стоимости машины. Такие несогласующиеся с реальностью результаты служили поводом для отказа от использования таких моделей.

Модель оценки размера убытков для иностранных транспортных средств.

Для анализа убытков по иностранным транспортным средствам доступно 3348 наблюдений, из которых 311 равны лимиту в 120 тысяч рублей. Ниже приводятся диаграммы рассеяния данных. Из них видно, что с ростом стоимости ТС средний убыток растет, а с ростом возраста – убывает. Также, на первый взгляд, можно сделать вывод о том, что гипотеза о наличии гетероскедастичности в модели имеет под собой все основания.

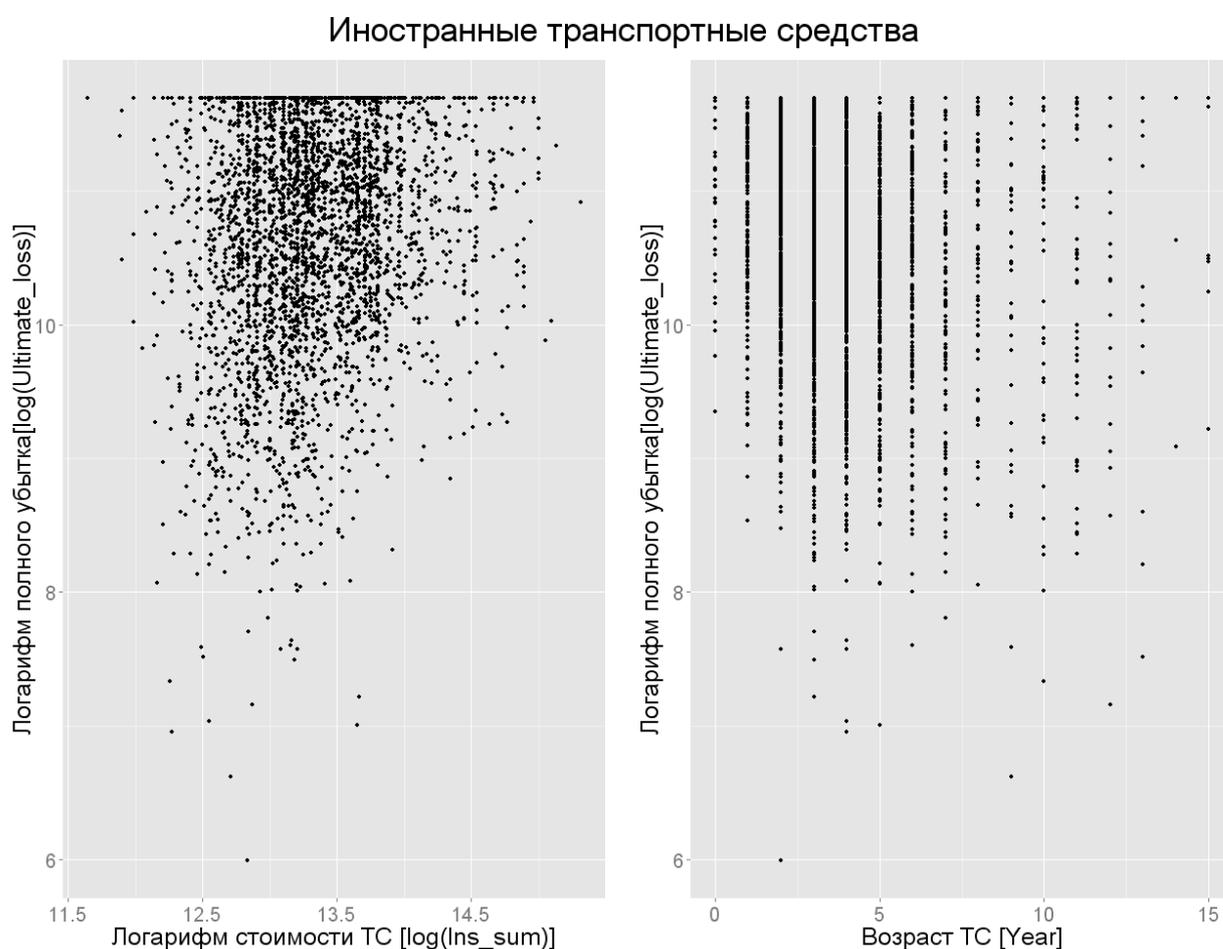


Рисунок 7. Диаграмма рассеивания данных для иностранных транспортных средств

Итоговая модель выглядит следующим образом:

$$\ln(Ultimate_loss_i) = \beta_0 + \beta_1 Year_i + \beta_2 \ln(Ins_sum_i) + \varepsilon_i$$

$$\varepsilon_i \sim N(0, \sigma_i^2)$$

$$\sigma_i = \exp [\gamma_0 + \gamma_1 Year_i + \gamma_2 \ln (Ins_sum_i)]$$

Функция, оценивающая параметры модели, выводит следующие результаты:

Таблица 4. Полученные оценки коэффициентов модели

Параметр модели		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
σ	γ_0	<i>Intercept</i>	1.625	0.363	4.476	<0.0001
	γ_1	<i>Year</i>	0.047	0.006	7.297	<0.0001
	γ_2	<i>Ln(Ins_sum)</i>	-0.146	0.027	-5.486	<0.0001
μ	β_0	<i>Intercept</i>	8.337	0.411	20.295	<0.0001
	β_1	<i>Year</i>	-0.046	0.008	-5.464	<0.0001
	β_2	<i>Ln(Ins_sum)</i>	0.189	0.030	6.340	<0.0001

Согласно полученным результатам, логарифм величины убытка $\ln (Ultimate_loss_i)$ имеет распределение $N(\mu_i, \sigma_i^2)$, где

$$\mu_i = 8.337 - 0.046 Year_i + 0.189 \ln (Ins_sum_i)$$

$$\sigma_i = \exp [1.625 + 0.047 Year_i - 0.146 \ln (Ins_sum_i)]$$

Средний убыток увеличивается с ростом стоимости транспортного средства и уменьшается с увеличением возраста машины. Модель показывает именно то, что и ожидалось, так как чем дороже автомобиль, тем дороже и стоимость его ремонта, а с возрастом увеличивается степень износа. При этом сами значения средних выплат достаточно хорошо согласуются с результатами похожих исследований, проводимых в рамках аналитического подразделения страховой компании.

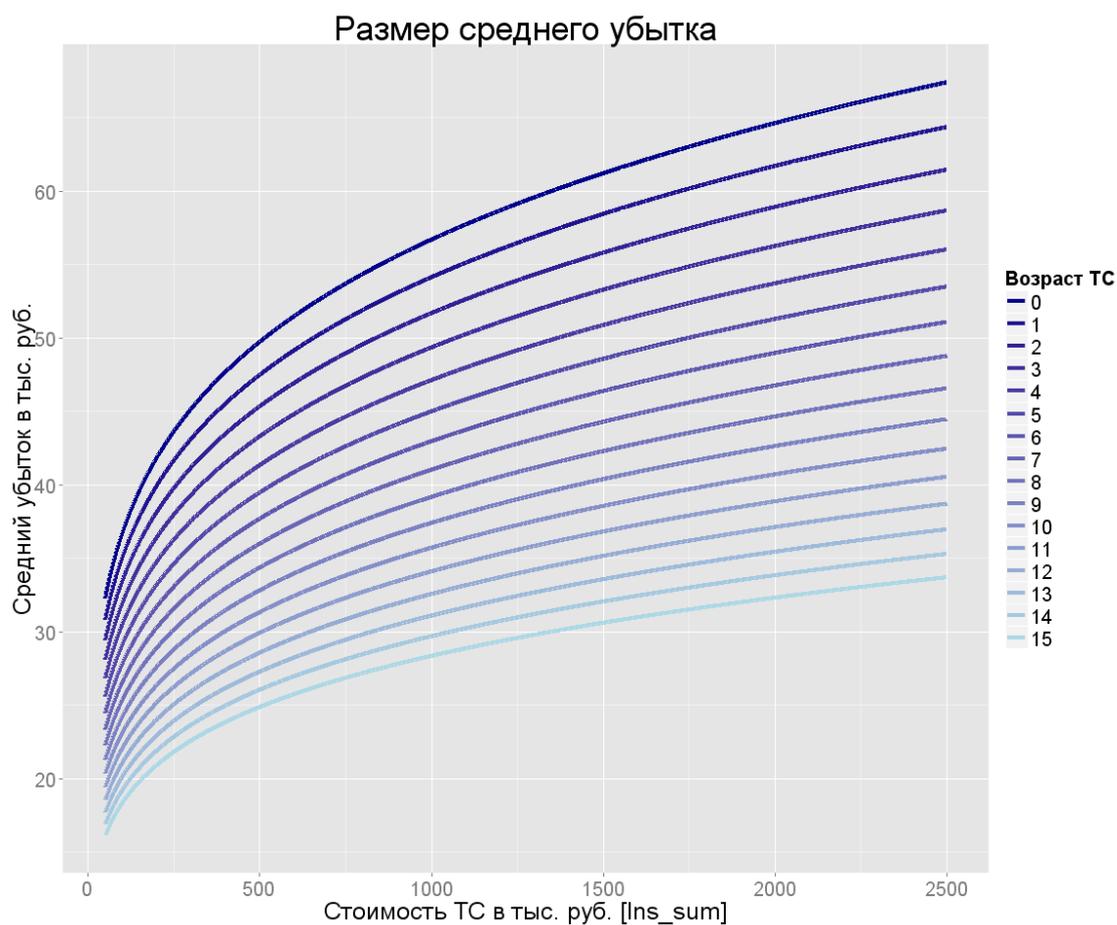


Рисунок 8. График зависимости среднего убытка от стоимости и возраста транспортного средства

Если знаки коэффициентов для средней выплаты были вполне ожидаемы, то результаты, полученные для стандартной ошибки остатков, представляют особый интерес. Если рассуждать, не видя результатов модели, то можно предположить, что с ростом стоимости машины, стандартная ошибка должна увеличиваться. Однако интерпретация коэффициентов говорит следующее: с ростом возраста стандартная ошибка растет, а с ростом стоимости машины – убывает.

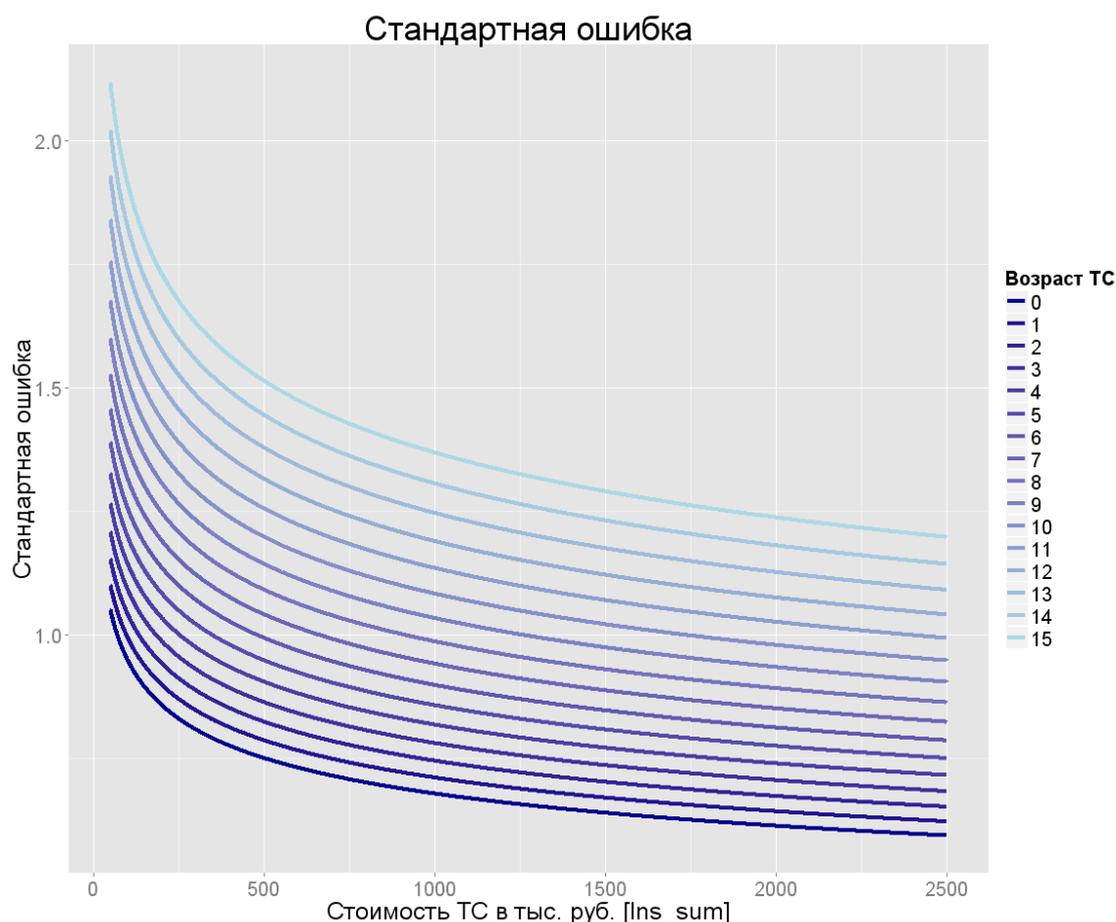


Рисунок 9. График зависимости стандартной ошибки от стоимости и возраста транспортного средства

Что касается возраста, то можно привести две причины, объясняющие эти результаты. Во-первых, происходит постоянное развитие технологии производства машин, причем в массовом сегменте наиболее важным направлением является снижение расходов на производство. В частности некритичные для безопасности детали стали делать из менее прочных материалов. К таким деталям можно отнести бамперы, внешние элементы кузова и т.д. И то, насколько они повредятся при ДТП, очень сильно зависит от обстоятельств аварии: скорости, на которой происходит столкновение и т.д. Это все неизбежно влечет увеличение дисперсии убытка.

Во-вторых, у любого автомобиля с увеличением возраста растет неравномерность технологического износа деталей. Эту идею можно

пояснить на следующем примере: допустим, что есть две одинаковые машины, которые эксплуатируются с разной интенсивностью. Предположим, что владелец первой ездит не так часто (например, только на работу), проходит регулярное обслуживание, следит за лакокрасочным покрытием и т.д. Второй же постоянно ездит по городу, а из обслуживания разве что меняет расходники. Когда обе машины новые, разница в износе деталей практически незаметна, тогда как спустя несколько лет различие в износе достигает таких размеров, что одна и та же по силе авария может привести к совершенно разным повреждениям.

Для объяснения того, что с ростом стоимости машины стандартная ошибка остатков уменьшается можно привести сразу несколько аргументов, которые условно можно поделить на две группы. К первой группе относятся причины, связанные человеческим фактором. Во-первых, более дорогие машины водят более опытные водители, а значит у них выше шанс либо предотвратить мелкую аварию, либо минимизировать последствия крупной. Во-вторых, убытки по дорогим машинам более аккуратно и правильно рассчитывается стоимость ремонта: технология ремонта подробно регламентирована, а цены достаточно устойчивы. Ко второй группе причин можно отнести конструкторские особенности дорогих автомобилей. Например то, что они собираются из более качественных и прочных материалов, что также снижает разброс размеров выплат.

В целом, построенная модель хорошо ложится на реальные данные и ее интерпретация не противоречит здравому смыслу. В дальнейшем именно в таком виде она и будет использована.

Модель оценки размера убытков для отечественных транспортных средств.

В отличие от иностранных транспортных средств, по отечественным машинам доступно не так много наблюдений: всего 303 наблюдения, из

которых 13 равны лимиту в 120 тысяч рублей. Ниже приводятся диаграммы рассеяния данных. Из них видно, что есть основания предполагать, что с ростом стоимости ТС средний убыток тоже должен увеличиваться. А вот зависимость размера убытка от возраста машины не так очевидна. То же самое можно сказать относительно зависимости стандартной ошибки: скорее всего его зависимость от стоимости автомобиля и не зависит от ее возраста.

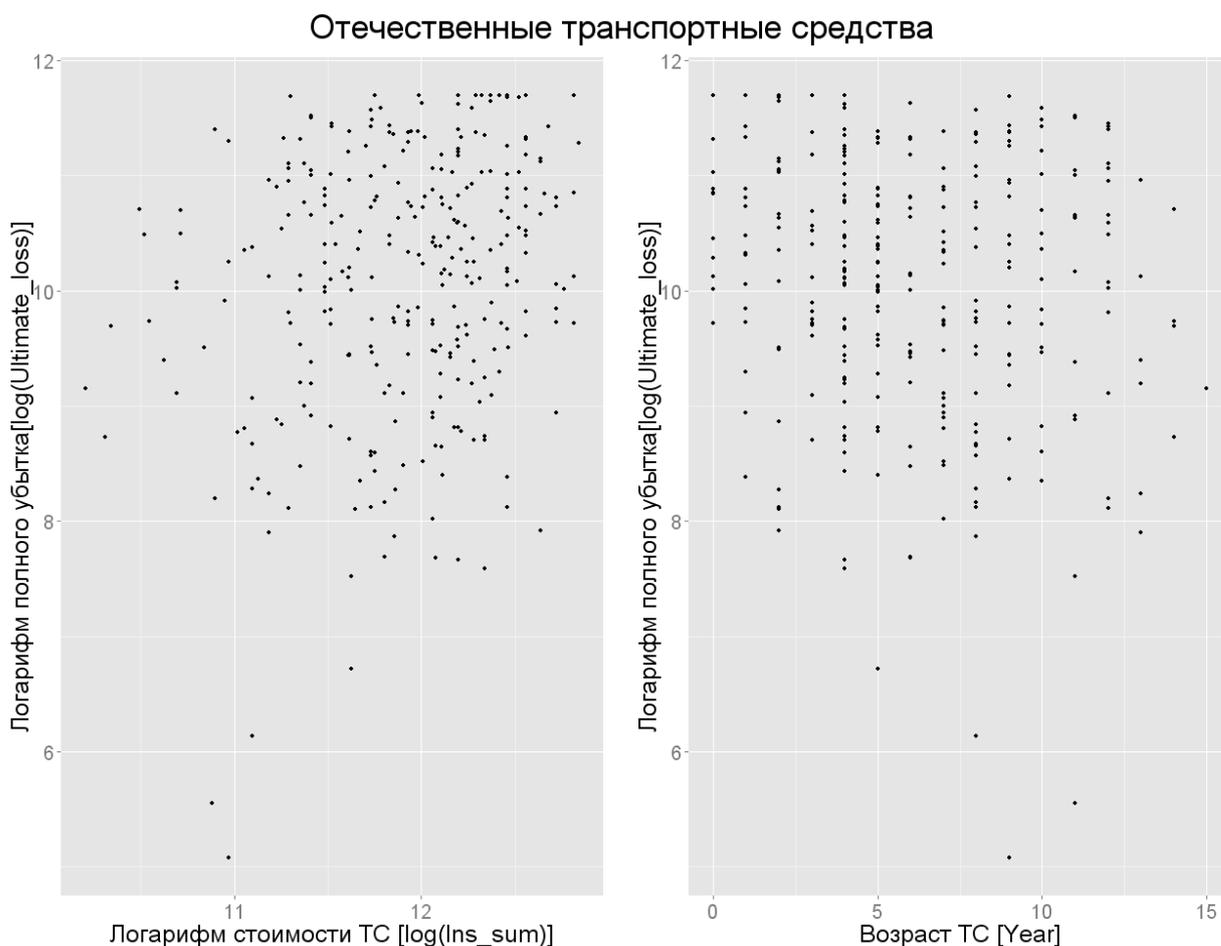


Рисунок 10. Диаграмма рассеяния данных для отечественных транспортных средств

Итоговая модель выглядит следующим образом

$$\ln (Ultimate_loss_i) = \beta_0 - \beta_1 \ln (Ins_sum_i) + \varepsilon_i$$

$$\varepsilon_i \sim N(0, \sigma_i^2)$$

$$\sigma_i = \exp [\gamma_0 + \gamma_1 \ln (Ins_sum_i)]$$

Рассчитанные значения коэффициентов приведены в Таблице 5:

Таблица 5. Полученные оценки коэффициентов модели

Параметр модели		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
σ	γ_0 <i>Intercept</i>	2.264	0.941	2.405	0.0162
	γ_1 <i>Ln(Ins_sum)</i>	-0.180	0.079	-2.268	0.0233
μ	β_0 <i>Intercept</i>	3.947	1.542	2.560	0.0105
	β_1 <i>Ln(Ins_sum)</i>	0.517	0.129	4.021	<0.0001

Как нетрудно заметить, в итоговой спецификации отсутствует фактор возраста машины как в уравнении среднего, так и в уравнении стандартной ошибки. Технически это фактор исключился, так как полученные статистики указывали на его незначимость. Качественно же отсутствие такой зависимости может быть объяснено следующим образом. Не секрет, что российская автомобильная промышленность находится в глубоком кризисе. Несмотря на последние обновления модельного ряда у такого флагмана российского легкового автопрома как ВАЗ, конструктивно машины не далеко ушли от своих предшественников, то есть, по сути, поменялась только форма кузова и салон. Материалы, агрегатные узлы и производственные технологии отечественных автомобилей несильно изменились за последние 20 лет. Отсюда следует, что возраст в принципе оказывает слабое влияние на размер среднего убытка, которое оказывается незначимым из-за сильной корреляцией со стоимостью автомобиля.

Графики средней выплаты и стандартной ошибки приведены ниже.

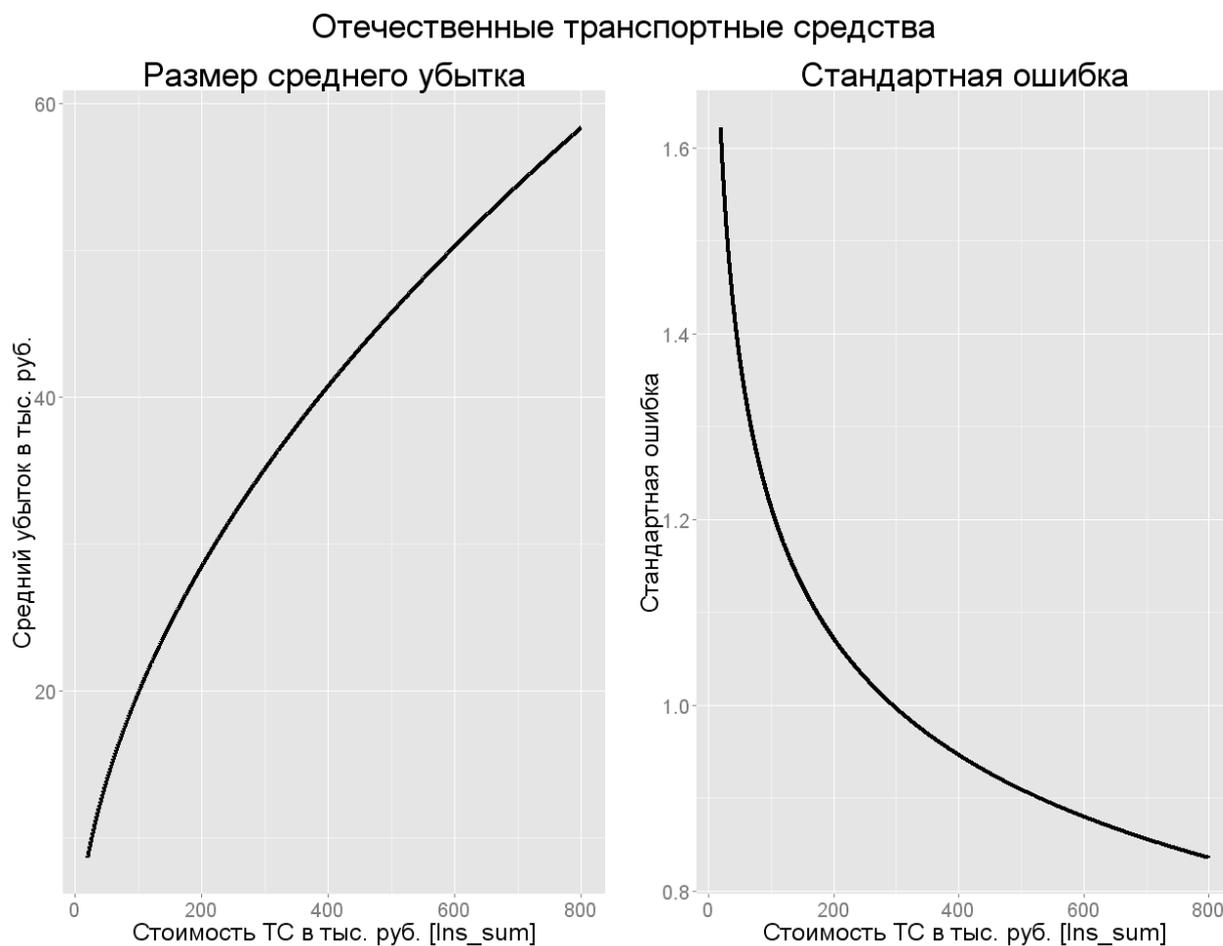


Рисунок 11. График зависимости среднего убытка и стандартной ошибки от стоимости транспортного средства

Построенная модель также достаточно хорошо согласуется практическими наблюдениями о размере среднего убытка для легковых транспортных средств отечественного производства.

Модель 3. Модель структуры автомобильного парка

Перед тем как перейти к более подробному описанию модели структуры автомобильного парка сначала приводится ее небольшой обзор.

Цель построения модели. Модель размера убытка дает представление о том, как зависит размер убытка от таких характеристик конкретного автомобиля как стоимость и возраст. Для моделирования бельгийской системы ПВУ необходимо понимать, какова структура регионального автопарка относительно этих характеристик.

Данные. Для построения модели используются данные, полученные из интернет-объявлений о продаже машин.

Полученный результат. Для иностранных и отечественных транспортных средств были построены распределения по возрасту, а внутри каждого года и по стоимости.

По построенной в предыдущем разделе модели, располагая данными о возрасте и стоимости машины, можно оценить математическое ожидание и дисперсию убытка. Для оценки рыночного распределения выплат, на основании которого в дальнейшем будут рассчитываться фиксы, необходимо получить представление о том какие машины ездят по дорогам Москвы и Московской области и потенциально могут попасть в аварию. Проблему оценки структуры автопарка можно решить несколькими способами, например, есть специальные статистические агентства, которого специализируются на сборе подобной информации (например, агентство «Автостат»). Так же можно использовать базы ГИБДД зарегистрированных в регионе транспортных средств. Однако такие полные базы не всегда просто найти, и стоят они достаточно больших денег. В данном исследовании для оценки структуры рынка использовалась скаченная из интернет-объявлений информация. Конечно, точную на сто процентов картину эти данные дать не

могут, однако могут помочь в понимании структуры рыночного парка. Использование такого подхода обладает рядом преимуществ:

1. При наличии соответствующего программного инструмента эти данные доступны, не требуют денежных вложений и максимально актуальны. Производя выкачку информации на регулярной основе, со временем данные накапливаются, что позволит строить более точные модели.
2. В некотором смысле скаченная информация является рыночным срезом на определенный момент времени.
3. После продажи машины новому владельцу будет необходимо приобрести новый полис ОСАГО. А значит, эти данные представляют собой потенциальный страховой портфель.

Рыночная структура описывается в два этапа: в первую очередь строится распределение стоимости машины для каждого года эксплуатации в диапазоне от 0 до 15 лет. На втором шаге строится возрастная структура парка транспортных средств. При этом необходимо внести некоторые дополнительные поправки, так как надо исключить недооценку доли новых машин: должно пройти некоторое время, перед тем как купленная в салоне новая машины будет выставлена на продажу на вторичном рынке. Так же необходимо учитывать тот факт, что возраст машины определяется как разность между 2013 годом и годом выпуска. То есть все машины с возрастом 0 были произведены в 2013 году, который на момент обработки объявлений еще не закончился.

Оценка распределений производилась для иностранных и отечественных транспортных средств отдельно по следующей схеме:

Шаг 1. На первом шаге для каждого года (от 0 до 15) формируются выборки стоимостей машин. Из каждой выборки исключается по одному проценту

наиболее дорогих и наиболее дешевых машин. Это сделано для исключения самых «экзотических» случаев, а также возможных ошибок.

Шаг 2. На втором этапе по каждой выборке оценивается эмпирическая функция плотности. Вывод используемой для этой цели функции в R представляет собой 512 пар точек вида (точка, в которой оценивается функция плотности, значение функции плотности). На основании этого результата с помощью линейной аппроксимации рассчитываются значения плотности в промежуточных точках, которые брались с шагом в 1000 рублей.

Шаг 3. На третьем этапе по функции плотности рассчитываются вероятности вида

$$P(\text{Low Price} \leq \text{Price} \leq \text{High Price})$$

где *Low Price* – нижняя граница диапазона стоимости, *High Price* – верхняя граница диапазона стоимости. Вероятности вычисляются как соответствующие площади под графиками функции плотности.

На Рисунках 12 и 13 в качестве иллюстрации приведены полученные распределения для иностранных и отечественных машин с возрастом от 0 до 5 лет.

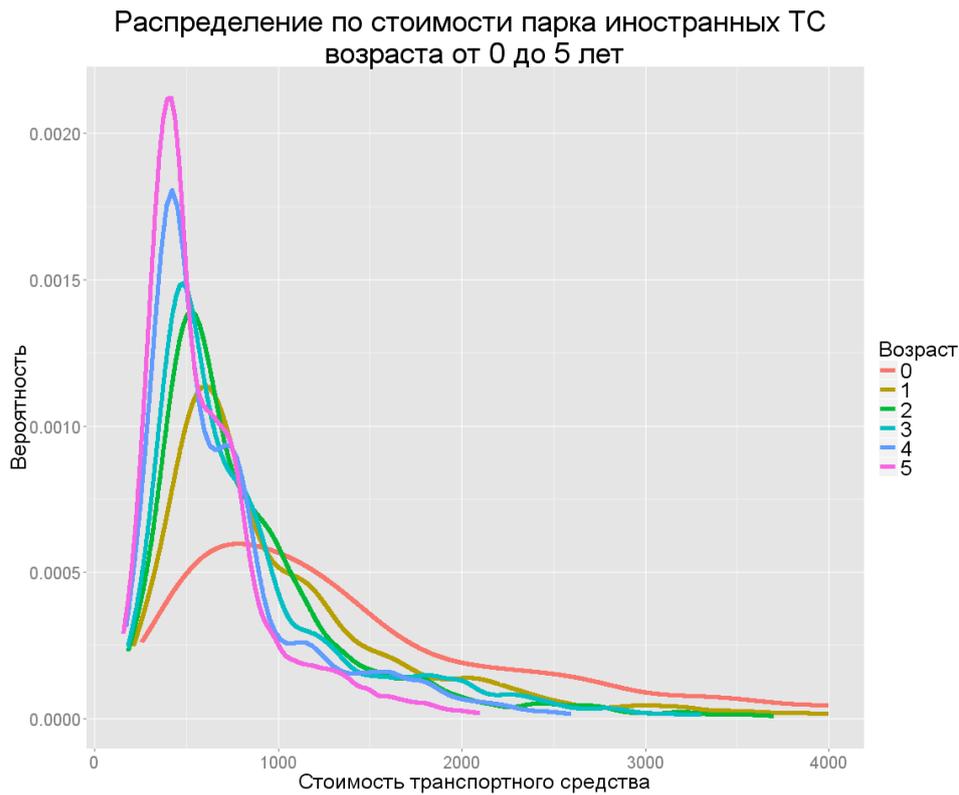


Рисунок 12. Распределение по стоимости парка иностранных ТС возраста от 0 до 5 лет



Рисунок 13. Распределение по стоимости парка отечественных ТС возраста от 0 до 5 лет

Для построения распределения автомобилей по возрасту из рассмотрения исключались объявления по машинам старше 16 лет. Далее рассчитывалась доля каждой возрастной группы в оставшейся выборке. Как уже было сказано, полученные данные необходимо скорректировать, так как доля новых машин явно занижена. Корректировка производится следующим образом: группы нумеруются от 0 до 16 таким образом, чтобы номер группы соответствовал возрасту машины. Новое значение вероятности для нулевой группы определяется как сумма вероятностей для нулевой и первой групп. Далее для первой группы новое значение равняется значению второй группы, для третьей группы – значению четвертой и так далее. В конце 16 группа отсекается, а полученные новые значения по всем группам нормируются. Полученные таким образом распределения проиллюстрированы ниже.

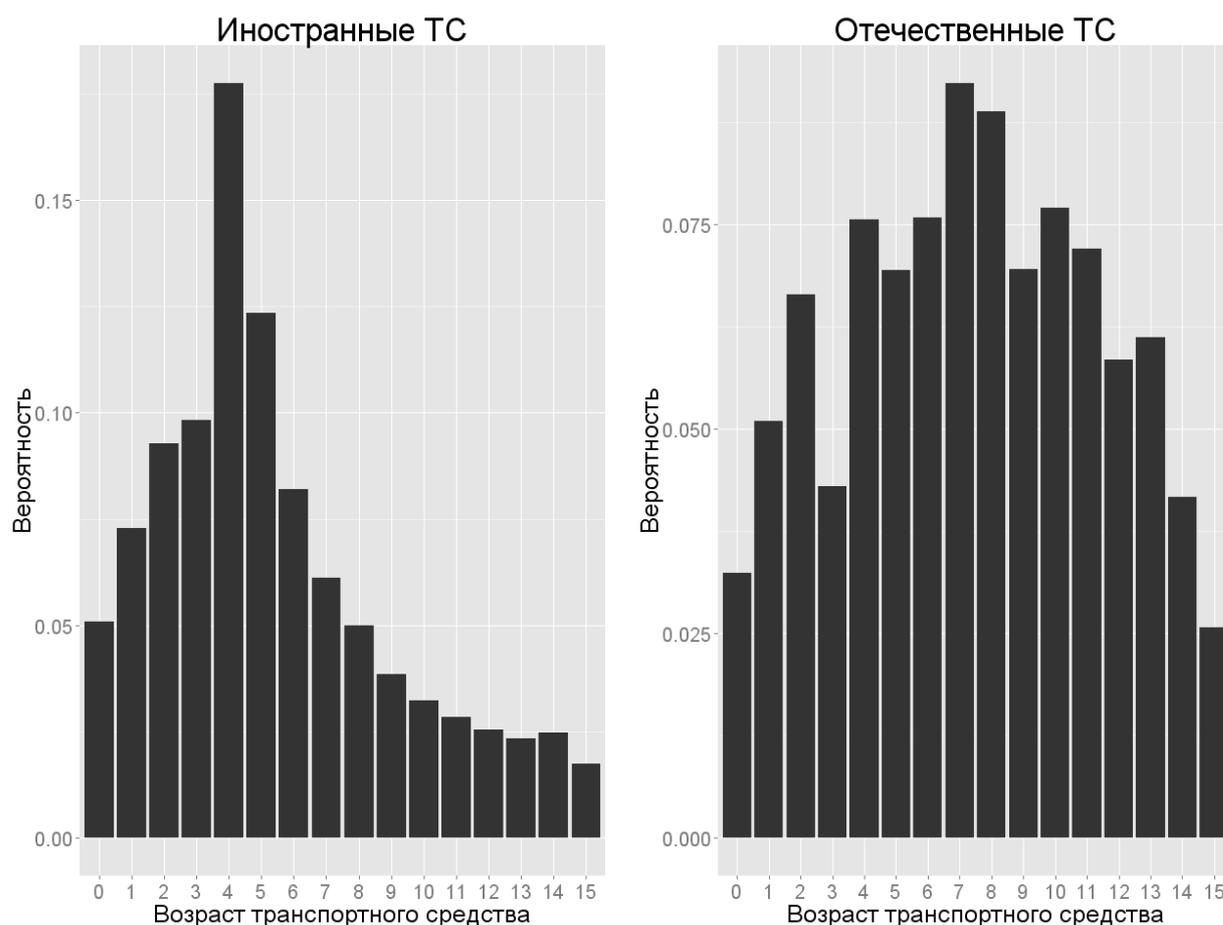


Рисунок 14. Распределение парка транспортных средств по возрасту

Конечно, полученные таким способом распределения не отражают точную структуру автомобильного парка, однако более-менее верно отражают такие характеристики как среднее и дисперсию возраста. Средний возраст новых ТС составляет 4-6 лет для иномарок и 7-9 лет для отечественных автомобилей. При этом у отечественных машин значительно больший разброс по возрасту.

Глава 3. Моделирование систем ПВУ: «текущая система» vs. «бельгийская система»

Перед более подробным описанием схемы моделирования бельгийской системы ПВУ и обсуждением полученных результатов сначала приводится краткий обзор.

Цель построения модели. Описанные ранее модели делают возможным численное моделирование расчета фиксов по разным схемам. Анализ полученных результатов позволит сравнить бельгийскую систему с текущей.

Методология анализа. Сравнение систем урегулирования производится за счет выделения прибыльных и убыточных диапазонов убытков.

Полученный результат. По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о том, что бельгийская система является более предпочтительной по сравнению с текущей, однако и она полностью не может решить проблему селекции.

Получив в распоряжение инструменты для моделирования рыночной структуры автомобильного парка и убытков, который он генерирует, можно переходить непосредственно к анализу бельгийской схемы ПВУ. Описание ключевой особенности новой системы – новый алгоритм расчета фиксов уже было дано ранее. Перед тем как перейти непосредственно к анализу необходимо обсудить еще несколько важных моментов.

Первый момент касается поведения потерпевших при достаточно крупном ДТП. Как показывает практика, в таких случаях люди предпочитают классическую схему урегулирования и обращаются в страховую компанию виновника. Причин такого поведения может быть несколько, в том числе чисто психологические. Из практических объяснений, можно указать то, что у многих водителей есть расширение к полису ОСАГО. Это отдельный договор добровольного страхования, по которому покрываются убытки

свыше лимитов ОСАГО. Поэтому, так или иначе, при крупном ДТП потерпевшему придется обращаться в компанию виновника. Математически отказ от урегулирования по ПВУ можно представить так: пусть существует определенный уровень вероятности P_{victim} такой, что при наступлении крупного ДТП потерпевший с вероятностью равной P_{victim} будет урегулироваться по обычной схеме, а с вероятностью $1 - P_{victim}$ по ПВУ. Вероятность P_{victim} отражает уровень самоселекции, чем выше значение этого параметра, тем меньше крупных убытков будет урегулироваться по ПВУ.

Второй момент касается поведения страховщиков и проблеме намеренной селекции. Несмотря на новый алгоритм расчета фиксов, к крупным убыткам может остаться отношение как к «убыточным», то есть априори ожидается, что по ним будет выплачено больше, чем возможный размер фикса. Из-за этого у страховых компаний останется соблазн тем или иным способом повлиять на выбор схемы урегулирования. Это означает, что фактор намеренной селекции убытков необходимо учитывать в модели.

Предположим, что есть некий уровень выплаты, выше которого все убытки рассматриваются страховщиками как потенциально убыточные. Обозначим этот уровень как *Selection Limit*. При этом страховые компании хотя и не заинтересованы в урегулировании таких убытков по ПВУ, но и отказывать всем подряд не имеют права. Математически это можно представить так: если размер убытка превышает значение *Selection Limit*, то с вероятностью равной $P_{selection}$ потерпевший под влиянием компании принимает решение урегулировать убыток по обычной схеме, а с вероятностью $1 - P_{selection}$ по ПВУ. Вероятность $P_{selection}$ отражает уровень намеренной селекции убытков страховыми компаниями. Чем выше это значение, тем меньше крупных убытков свыше значения *Selection Limit* будет урегулироваться по ПВУ.

Чтобы систематизировать вышесказанное, предположим, что есть множество убытков, которые потерпевшие могут урегулировать по ПВУ. Эти убытки можно разделить на три группы:

1. К первой группе относятся убытки меньше значения *Selection Limit*. Такие убытки страховые компании без вопросов будут урегулировать по ПВУ.
2. Ко второй группе относятся убытки из диапазона от *Selection Limit* до 120 тысяч. Страховые компания будут стараться тем или иным способом убедить потерпевшего урегулировать убытки по классической схеме. Доля людей, которые откажутся от урегулирования по ПВУ, равна $P_{selection}$.
3. К третьей группе относятся убытки равные 120 тыс. рублей. В этом случае для них будет происходить «двойная» селекция: с одной стороны не все потерпевшие сами захотят урегулирования по ПВУ (доля таких равна P_{victim}), а с другой стороны страховые компании стараются не принимать заявления о таких крупных убытках. Для упрощения введем обозначение

$$P_{120\ selection} = P_{victim} + (1 - P_{victim})P_{selection}$$

который обозначает уровень селекции убытков равных 120 тысячам.

Отметим, что $P_{120\ selection}$ всегда больше или равно $P_{selection}$.

Третий момент касается подхода к моделированию. Рассмотрим конкретный убыток, который урегулируется по бельгийской системе. Размер убытка *Loss*, так же как и фикс *Fix*, который будет по нему возмещен, является случайной величиной. Доход страховой компании за урегулирование этого убытка определяется как разность между фиксом и выплатой. В случае если она положительная, то компания зарабатывает деньги, если отрицательная – несет убытки. Весь диапазон возможных убытков от 0 до 120 тыс. рублей можно разделить на непересекающиеся

интервалы $(0; 1000], (1000; 2000], \dots, (119000; 120000]$. Для каждого такого интервала рассмотрим случайную величину

$$\mathcal{M}(\Delta), \quad \Delta \in \{(0; 1000], (1000; 2000], \dots, (119000; 120000]\},$$

которая обозначает доход страховой компании от урегулирования одного убытка из определенного диапазона. Тогда математическое ожидание и дисперсия этой случайной величины можно записать в следующем виде:

$$E[\mathcal{M}(\Delta)] = E[Fix] - E[Loss]$$

$$Var[\mathcal{M}(\Delta)] = Var[Fix] + Var[Loss]$$

где размер убытка $Loss \in \Delta$, а Fix – соответствующие убыткам фиксы. Также отметим, что для текущей схемы урегулирования по ПВУ верно, что $E[Fix] = Fix, Var[Fix] = 0$.

Таким образом, для каждого интервала необходимо рассчитать следующие характеристики:

1. Средняя выплата, по попавшим в этот диапазон убыткам.
2. Фикс, рассчитанный по текущей схеме расчета.
3. Средний фикс, рассчитанный по бельгийской системе
4. Дисперсия фикса, рассчитанного по бельгийской системе.

Так как размер диапазонов достаточно мал, то можно считать, что средний убыток для каждого диапазона принимается равным полусумме его границ.

Анализ рассчитанных характеристик позволит определить выгодные и невыгодные в плане урегулирования по ПВУ сегменты убытков. Доля того или иного сегмента в общей структуре убытков для каждой страховой компании определяется ее портфелем и стратегией урегулирования. Таким образом, описанный выше подход оказывается удобным в том смысле, что нет необходимости учитывать характеристики компаний, которые могут

быть очень разными, но при этом есть возможность провести качественное сравнение разных систем ПВУ.

В данной работе при анализе бельгийской системы для определения выгодных сегментов используется сравнение с нулем величины $E[\mathcal{M}(\Delta)]$. Если $E[\mathcal{M}(\Delta)] > 0$, то интервал считается для страховой компании выгодным. Так как расчет фиксов по бельгийской системе на практике планируется проводить достаточно часто (раз в неделю), то такое сравнение корректно, если речь идет о более-менее долгосрочной перспективе. Также этот подход позволит упростить сравнение, так как включение в рассмотрение дисперсии дохода за урегулирование сделает необходимым определение стратегии поведения той или иной компании и ее отношение к риску. Эта задача гораздо более сложная и может рассматриваться как развитие описанной в данной работе модели.

С учетом всего вышесказанного схема моделирования размера фиксов выглядит следующим образом:

Шаг 1. Экзогенно задаются параметры *Selection Limit*, $P_{selection}$, $P_{120 selection}$.

Шаг 2. На основании данных о структуре парка автомобилей, формируется выборка «пострадавших в ДТП» машин.

Шаг 3. На основании списка машин с помощью модели убытков генерируются размеры выплат.

Шаг 4. С учетом значений *Selection Limit*, $P_{selection}$, $P_{120 selection}$ производится модификация списка убытков, то есть часть крупных убытков свыше *Selection Limit* отсекается.

Шаг 5. Генерируется число T от 1 до 99, в зависимости от которого убытки делятся на определенное количество групп. На основании этого разбиения производится расчет фиксов по бельгийской системе.

Шаг 6. Весь возможный убытков от 0 до 120 тысяч делится на интервалы с шагом в 1 тысячу рублей (0;1000],[1000;2000], ... , (119000,120000]. Для каждого интервала определяется размер фикса.

В описанном выше алгоритме есть два цикла: внешний и внутренний. Внешний цикл состоит из последовательного выполнения Шагов 3-6 (100 итераций), внутренний цикл состоит из Шагов 5-6 (10 раз). Таким образом, для каждого набора $Selection\ Limit$, $P_{selection}$, $P_{120\ selection}$ производится расчет 1000 фиксов.

Например, рассмотрим ситуацию для автомобилей иностранного производства. Пусть состояние рыночного распределения убытков определяется следующим набором параметров:

$$Selection\ Limit = 80000, P_{selection} = 0.4, P_{120\ selection} = 0.6$$

Это означает, что в данном случае из-за наличия селекции по тем или иным причинам по ПВУ не урегулируется 40% убытков свыше 80 тысяч, но менее 120 тысяч рублей и 60% убытков равных 120 тыс. рублей. В этом случае полученные значения средних фиксов для каждого интервала (0;1000],[1000;2000], ... , (119000,120000] приведены на графике.

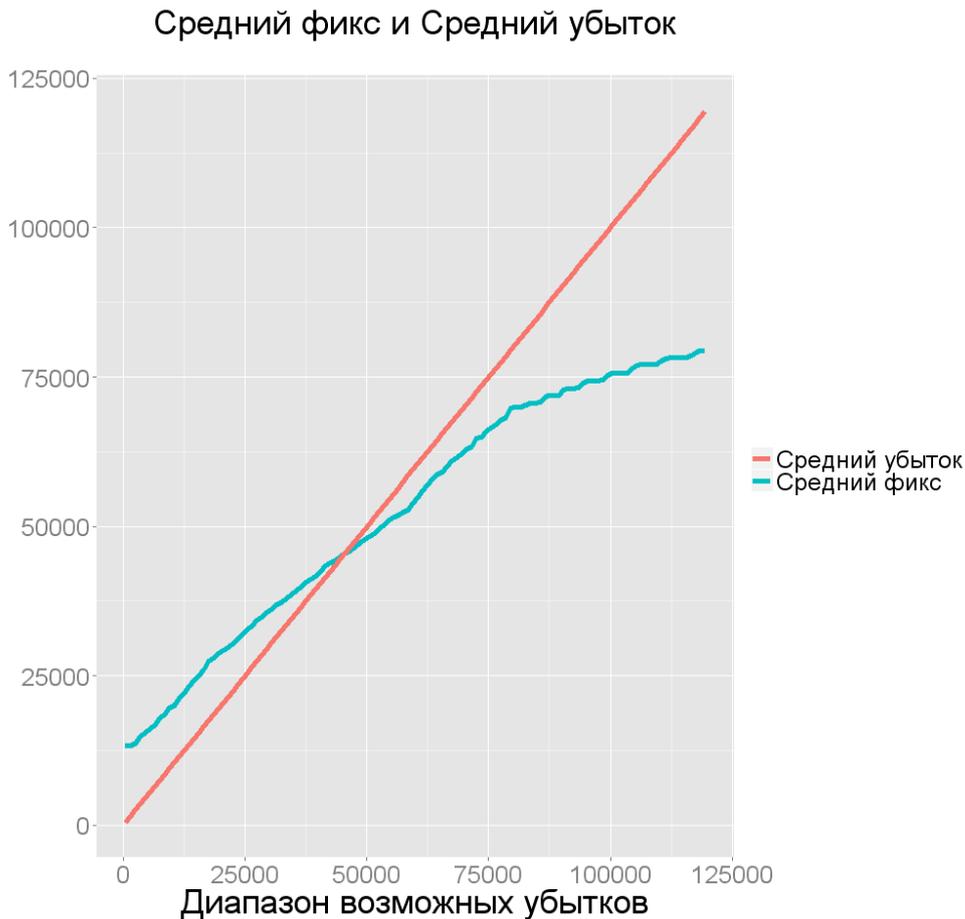


Рисунок 15. Сравнение средних фиксов и убытков для разных диапазонов убытков

Из него следует, что средний фикс выше среднего убытка для диапазона $(0;1000], (1000;2000], \dots, (44000;45000]$. Это означает, что страховая компания в среднем получает по убыткам меньше 45 тыс. рублей положительную разницу между реальной выплатой и фиксом. Следовательно, у страховой компании есть стимул для селекции убытков свыше 45 тысяч.

По описанному алгоритму отдельно для иностранных и отечественных транспортных средств численно были смоделированы ситуации для следующих значений параметров:

1. *Selection Limit* от 10 тыс. до 120 тыс. с шагом 10 тыс.
2. $P_{selection}$ от 0.05 до 1 с шагом 0.05

3. $P_{120\ selection}$ от 0.05 до 1 шагом 0.05. При этом должно выполняться $P_{120\ selection} \geq P_{\ selection}$.

Результаты расчетов по каждой тройке значений сохранялись в отдельный файл. Их последующий анализ позволил сформулировать следующее важное утверждение.

Утверждение. Пусть рассматривается бельгийская система расчета фиксов, тогда для любых значений параметров $Selection\ Limit$, $P_{\ selection}$, $P_{120\ selection}$ существует единственное значение параметра Δ_B^* , такое что:

$$E[\mathcal{M}(\Delta)] > 0 \text{ для всех } \Delta \leq \Delta_B^*$$

$$E[\mathcal{M}(\Delta)] \leq 0 \text{ для всех } \Delta > \Delta_B^*.$$

Это утверждение означает, что при любом рыночном распределении, определяемым набором значений $Selection\ Limit$, $P_{\ selection}$, $P_{120\ selection}$, всегда будет существовать единственное значение, разделяющая множество всех убытков на две группы. Убытки ниже этой границы в среднем будут давать положительную разницу между выплатой и фиксом, убытки выше этой границы – отрицательную. При этом остается действовать правило «чем ниже убыток, тем выгоднее», то есть остаются предпосылки для селекции убытков.

Для каждого набора параметров, для которых производился расчет, определялся интервал Δ_B^* . По сути, эти значения представляют собой границу возможной селекции. Динамика изменения этой границы в зависимости от параметров для иностранных машин проиллюстрирована на Рисунке 16. По осям отложены все рассчитанные значения $P_{\ selection}$, $P_{120\ selection}$ для двух случаев $Selection\ Limit = 30\ 000$ и $Selection\ Limit = 80\ 000$. Интенсивность цвета определяется границей селекции: чем она больше, тем

светлее цвет. Вполне ожидаемо получается, что с ростом уровня селекции значение, разбивающее убытки на выгодные и невыгодные, уменьшается.

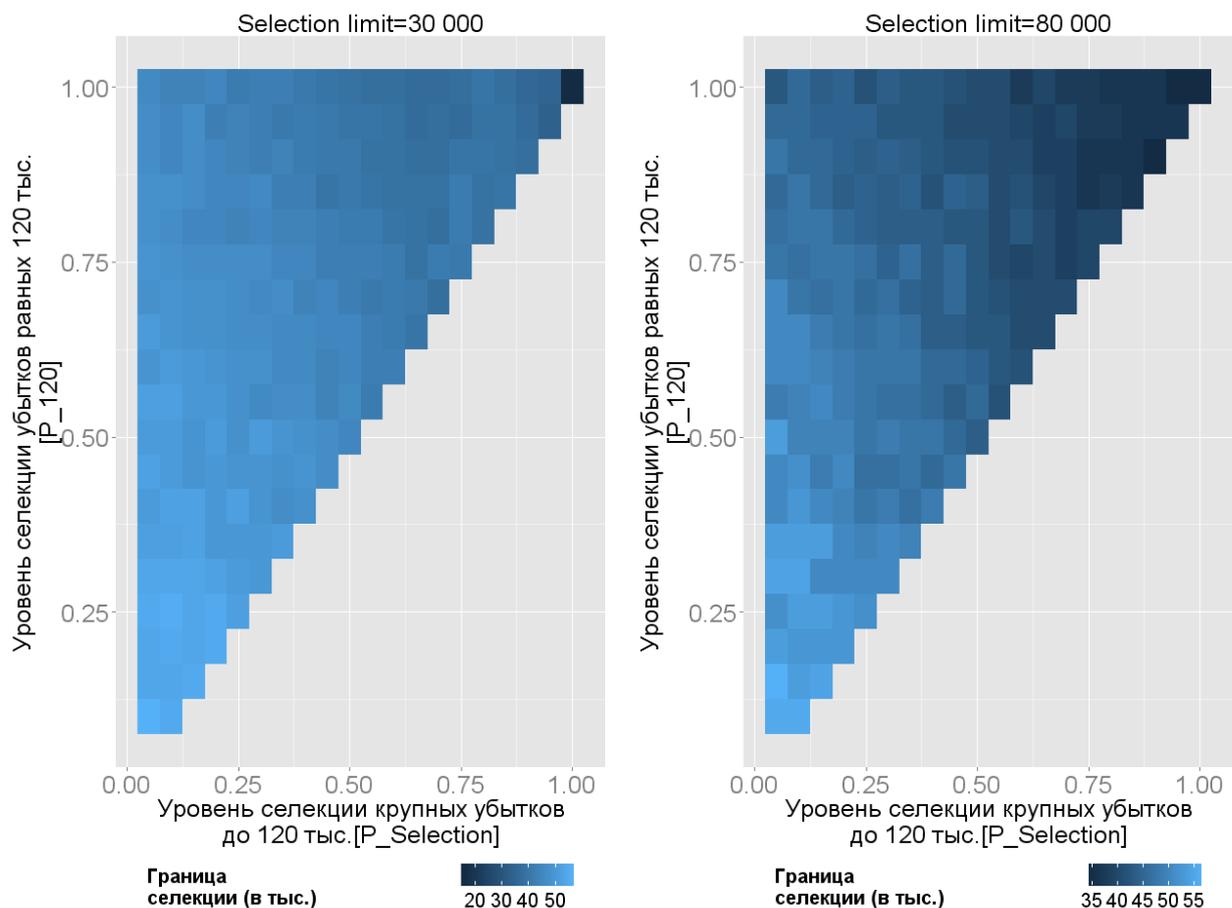


Рисунок 16. Изменение границы селекции в зависимости от параметров модели

Текущая схема расчета фиксов подразумевает, что значение фикса и есть граница селекции $\Delta_{current}^*$. Поэтому особый интерес представляет сравнение границ селекции при разных схемах расчета фиксов. Для этого по тем же самым наборам параметров был произведен расчет фиксов по действующему алгоритму. Проведенное сравнение позволило сделать следующее утверждение.

Утверждение. Для всех рассматриваемых наборов параметров $Selection\ Limit$, $P_{selection}$, $P_{120\ selection}$ имеет место соотношение

$$\Delta_B^* \geq \Delta_{current}^*$$

то есть граница селекции при применении бельгийской системы не меньше, чем граница селекции соответствующая текущей методологии расчета фиксов.

Таким образом, при переходе на бельгийскую систему вырастет доля выгодных для страховых компаний убытков. С учетом предположения об отсутствии стимулов занижать убытки при урегулировании по ПВУ это означает, что вырастет и число потерпевших, которые получают адекватную выплату. Не менее интересный вывод можно сделать из анализа следующей ситуации. Предположим, что была введена бельгийская система, но у какой-либо компании осталась возможность получить информацию о среднем рыночного распределения убытков. Занимаясь селекцией убытков выше этого значения, компания будет зарабатывать деньги на ПВУ.

Все описанные выше утверждения имеют практический смысл, если речь идет о достаточно длительном периоде времени. Главное преимущество бельгийской системы заключается в том, что для нее в отличие от текущей системы выполняется $Var[\mathcal{M}(\Delta)] > 0$. Отличная от нуля дисперсия не только не позволяет зарабатывать на ПВУ в краткосрочной перспективе, но и делает неочевидным выбор долгосрочной стратегии урегулирования.

Проведя аналогичный анализ результатов моделирования для легковых машин отечественного производства, получается, что все сформулированные выше утверждения и зависимости выполняются и для этого сегмента.

Также интересный результат заключается в сравнении полученных модельных значений с реальностью. На данный момент фикс по легковым иномаркам составляет 23 507 рублей, а по отечественным - 12 377 рублей. Очень похожие смоделированные значения фиксов 23 688 и 12 513 соответствуют набору параметров $Selection\ Limit = 25\ 000$, $P_{selection} = 0.85$, $P_{120\ selection} = 0.95$ для иностранных машин и $Selection\ Limit =$

15 000, $P_{selection} = 0.9$, $P_{120 selection} = 0.95$ для отечественных ТС. Такие значения характеризуют ситуацию с крайне высоким уровнем селекции, что, в принципе, очень неплохо согласуется с действительностью. Такая согласованность с реальными данными может служить доводом в пользу корректности модели.

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы:

1. При рассмотрении долгосрочной перспективы бельгийская система не может решить проблему селекции: у страховой компании всегда будут существовать стратегии поведения, которые позволят ей зарабатывать на селекции убытков. Причем останется как естественная селекция, когда дополнительную прибыль получают компании с более дешевым портфелем, так и намеренная, когда компании стараются не допустить урегулирования крупных убытков по ПВУ. В этом смысле бельгийская система очень похожа на используемую в настоящее время.
2. Говоря о достаточно длительном периоде можно утверждать, что с вводом бельгийской системы граница размера выгодных убытков становится шире по сравнению с текущей схемой, что может иметь положительный эффект для потерпевших.
3. Основным преимуществом бельгийской системы является случайная природа выбора фиксов, которая делает невозможным зарабатывать на ПВУ в краткосрочной перспективе и серьезно усложняет выбор долгосрочной стратегии.

Заключение

В рамках данной работы было проведено исследование, направленное на анализ новой бельгийской системы расчета фиксов для взаиморасчета между страховыми компаниями в рамках системы прямого возмещения убытков. Для этого была подробно рассмотрена текущая практика урегулирования таких убытков, определены ее слабые и сильные стороны. Также выявлены причины возможного оппортунистического поведения некоторых участников страхового рынка. Такое поведение выражается в селекции крупных убытков и позволяет зарабатывать страховым компаниям деньги за счет других участников рынка.

Проведение анализа новой системы было бы невозможно без ряда вспомогательных моделей. В ходе исследования были предложены новые подходы к проблеме оценки стоимости транспортных средств. Для этого был разработан уникальный программный инструмент, позволяющий скачивать данные об актуальной стоимости транспортных средств из интернет-объявлений. Для обработки этих данных была разработана схема анализа этих данных в статистическом пакете R, которая позволила построить более 260 уравнений, описывающих зависимость стоимости автомобиля от его комплектации, года выпуска и пробега.

Полученная информация о стоимости машин позволила по-новому взглянуть на проблему оценки размера убытков по ОСАГО, позволив применить подходы, используемые при анализе добровольных видов страхования имущества. Однако специфика лимитов покрытия в ОСАГО сделало необходимым доработку этих методик для работы с цензурированными данными. Поэтому в пакете R была реализована функция, основанная на максимизации функции максимального правдоподобия и позволяющая оценить коэффициенты предложенной модели. Исходя из интерпретации модели и согласованности с реальными

данными, была выбрана наиболее удачная спецификация, а также приведено обсуждение экономических зависимостей, которые из нее следуют.

Так же на основании данных о продажах транспортных средств была предложена модель структуры автомобильного парка в Москве и Московской области. Эта модель является неплохой альтернативой полным базам данных зарегистрированных в регионе машин. Основными достоинствами этой модели является ее актуальность и бесплатность.

Построенные вспомогательные модели позволили смоделировать расчет фиксов по бельгийской системе с учетом возможного поведения, как страховых компаний, так и потерпевших в ДТП людей. Анализ результатов численного моделирования позволил выявить основной недостаток предложенной системы: при правильном выборе долгосрочной стратегии селекции убытков страховые компании по-прежнему смогут зарабатывать деньги на возмещении убытков в рамках ПВУ. Основным же достоинством бельгийской системы является то, что отсутствует возможность делать деньги на ПВУ в краткосрочной перспективе и серьезно усложняется выбор долгосрочной стратегии урегулирования.

В качестве направления для дальнейшего развития предложенной модели можно рассмотреть моделирование рынка ОСАГО в целом. То есть разделить условный парк автотранспортных средств между несколькими компаниями, таким образом сформировав их страховые портфели. Далее можно рассмотреть различные стратегии урегулирования убытков по ПВУ в зависимости от структуры портфелей и отношения к риску и выделить те стратегии, которые могут приносить прибыль.

Список использованной литературы

1. Федеральный закон «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств» (ОСАГО) от 25.04.2002 N 40-ФЗ, принят ГД ФС РФ 03.04.2002, редакция от 08.05.2013
2. G. Galli, C. Savino , «Direct reimbursement schemes in compulsory motor liability insurance», ANIA, the Italian Association of Insurance Companies, April 2006
3. Фадеева Е., «Бизнес на селекции убытков», Современные страховые технологии, 2012, № 1, с. 74-85
4. Пермякова Е., «Кривое возмещение убытков – 2», Агентство Страхových новостей, <http://www.asn-news.ru/news/35954>
5. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А. А., «Эконометрика. Начальный курс», Москва, Издательство "ДЕЛО", 2004
6. P . De Jong, G. Z. Heller, «Generalized Linear Models For Insurance Data» Cambridge University Press, 2008
7. Greene, W.H. (2008): Econometric Analysis, Sixth Edition, Prentice Hall, p. 871-875.
8. Kleiber, C. and Zeileis, A. (2008): Applied Econometrics with R, Springer, p. 141-143