

Глава 5

Влияние шага нарезов на кучность

Общепринятое мнение относительно шага нарезов и точной стрельбы из винтовки состоит в том, чтобы выбирать ствол с самым медленным шагом нарезов (или твистом), обеспечивающим достаточную стабильность для ваших пуль, и не более того. Причина, по которой вам не нужен больший шаг, чем это необходимо, заключается в том, что дополнительная величина шага может увеличить определенные составляющие разброса (или рассеивания) пуль, связанные с их дисбалансом и смещением центра тяжести.

Большинство пуль, используемых в соревнованиях по бенчресту на коротких дистанциях, относительно короткие по длине, либо с небольшой хвостовой частью, либо вообще без таковой. Подобные пули требуют только очень медленного шага, к примеру, для 65-грановых пуль калибра 6-мм, типовых для бенчреста, это около 1:14". По сравнению с вытянутой обтекаемой 6-миллиметровой пулей, типовой для стрельбы на дальние дистанции, такой как 115 или 105 гран, для стабилизации которой может потребоваться шаг 1:7", короткая пуля для бенчреста, выпущенная из ствола с шагом 1:14", будет иметь меньший разброс в зависимости от степени дисбаланса. Это *примерно*, потому что величина разброса на самом деле будет пропорциональна скорости вращения, на которую также влияет дульная скорость.

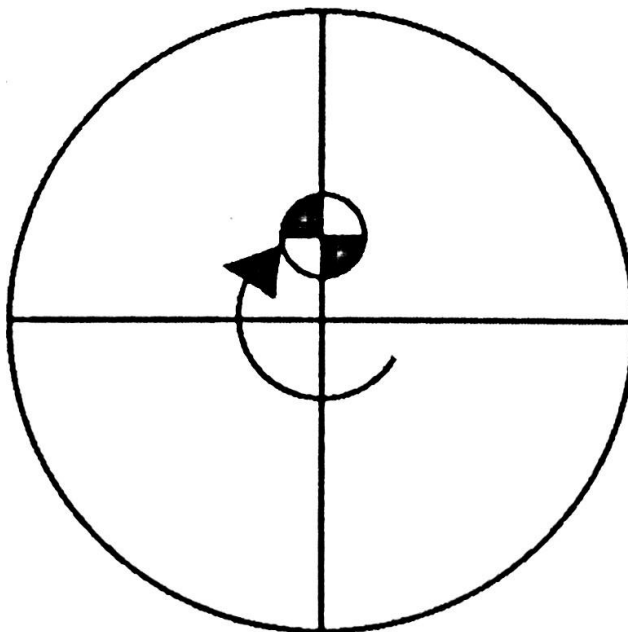


Рисунок 5.1. Когда несбалансированная пуля покидает канал ствола и выходит из дульного среза, она переходит от вращения вокруг своей геометрической оси к вращению вокруг своего центра тяжести (ЦТ). Такой переход приводит к тому, что когда пуля вылетает из дульного среза, она *начинает лететь по касательной* к направлению движения ее ЦТ.

Механизм рассеивания из-за дисбаланса показан на рис. 5.1. Когда пуля находится в стволе, она физически вынуждена вращаться вокруг своей геометрической оси, потому что ее удерживает канал ствола. В тот момент, когда пуля выходит из дульного

среза и переходит в состояние свободного полета, она немедленно начинает вращаться вокруг своего центра масс. В момент перехода от движения в канале ствола к свободному полету и возникает рассеивание.

Этот эффект нетрудно визуализировать простыми словами. Представьте, что вы крутите на веревочке игрушку йо-йо. Это напоминает то, как вращение пули ограничивается каналом ствола, с той лишь разницей, что йо-йо ограничивается веревочкой. Если вы отпустите шнур (снимите ограничение), диск взлетит по касательной, точно так же, как ваша пуля, когда она вылетает из дульного среза.

Степень разброса пуль зависит от скорости вращения (об/мин) и величины дисбаланса. В наихудшем случае это будет пуля с большим дисбалансом, выпущенная с высокой скоростью вращения. В оборудовании, используемом в соревнованиях по бенчресту, обе эти составляющие сведены к минимуму. Более короткие пули, как правило, лучше сбалансированы, потому что на более коротких оболочках легче свести к минимуму их биение, и эти пули требуют для своей стабилизации самых медленных скоростей вращения. Минимизируя эти составляющие разброса, возможно достичь высочайшей кучности и наилучших групп попаданий.

В предыдущих главах для стрелков на большие дальности был представлен ряд веских причин, по которым необходимо учитывать более высокий, чем обычно, шаг нарезов, связанный с внешнебаллистическими характеристиками пули. Однако, если из-за более высоких твистов теряется точность, это может стать большой проблемой. Сначала эту проблему мы рассмотрим с аналитической точки зрения, чтобы получить научное понимание процесса, а затем я представлю некоторые результаты практических тестов по этому вопросу, которые проливают свет на практическую сторону взаимосвязи шага нарезов и кучности.

Математика, лежащая в основе взаимосвязи шага нарезов, дисбаланса пули и разброса

Подобно многим математическим задачам, эту легко решить, если вы знаете все ее переменные. На самом деле, большинство переменных, связанных с расчетом рассеивания пуль, довольно просты, за исключением дисбаланса, о котором мы поговорим позже.

Формула для расчета отклонения пули из-за шага нарезов и ее дисбаланса следующая:

$$def = \frac{24 * \pi * MV * tof * \delta}{twist}$$

Формула 5.1

где:

def — отклонение пули от оси канала ствола (в дюймах);

MV — дульная скорость (в футах в секунду);

tof — время полета пули (в секундах);

δ — смещение центра тяжести пули (в дюймах);

twist — шаг нарезов канала ствола (в дюймах на оборот).

Это та же самая формула, которую представил Гарольд Вогн в своей книге «*Факторы точности винтовки*» [6]. Между прочим, в этой книге очень хорошо рассмотрен вопрос дисбаланса и рассеивания (разброса) пули, поэтому заинтересованным читателям предлагается ознакомиться с ней для получения дополнительной информации.

Эта формула показывает нам, насколько отклонится пуля, когда она покинет дульный срез при определенной скорости вращения из-за смещения ее центра тяжести.

В качестве примера рассмотрим пулю с дульной скоростью 3000 футов в секунду и дисбалансом 0,0001 дюйма, выпущенную из ствола с шагом нарезов 1:10". Предположим, что на 100 ярдах время полета составляет 0,104 секунды:

$$def = \frac{24 * \pi * 3000 * 0,104 * 0,0001}{10}$$

$$def = 0,235 \text{ дюйма}$$

В этом случае отклонение от оси канала ствола составит 0,235 дюйма. Направление отклонения определяется тем, в какую сторону двигался ЦТ пули при выходе пули из дульного среза. С точки зрения стрелков, при каждом выстреле это происходит произвольно. Если вы стреляете группу, то из-за того, что пули разлетаются во все стороны произвольным образом, вы можете рассчитывать на разброс, равный максимум двукратному отклонению одиночного выстрела. Таким образом, если вы стреляете серию, то чем больше выстрелов вы производите, тем больше расстояние между центрами попаданий в группе будет приближаться к 0,470 дюймам. Продолжая обсуждение, мы будем представлять размер группы как удвоенное отклонение пули одиночного выстрела.

В формуле 5.1 вы можете заметить одну вещь — это то, что отклонение пули зависит от *времени полета*, а не от *дальности*. Это происходит потому, что когда пуля покидает дульный срез, она фактически испытывает боковой удар, который придает ей поперечную скорость. Результирующее отклонение — это скорость, умноженная на время. Поэтому, если бы вы рассмотрели описанный выше пример отклонения на тысяче ярдов, то оно не было бы равно 10-кратному отклонению на 100 ярдах. Результат будет основан на времени полета на 1000 ярдов, которое более чем в 10 раз превышает время полета на 100 ярдов. В нашем примере время полета на 1000 ярдов составляет 1,504 секунды, что в 14,5 раз превышает время полета на 100 ярдов, равное 0,104 секунды. В результате отклонение на 1000 ярдов составит 3,4 дюйма при общем размере группы в 6,8 дюймов. Конечно, эти утверждения о размере группы предполагают, что единственным источником рассеивания пули является их дисбаланс, что не соответствует действительности. На самом деле причин рассеивания существует множество, и дисбаланс — лишь одна из них, но в данном случае мы конкретно говорим о составляющей рассеивания, связанной с дисбалансом пули и шагом нарезов каналов ствола.

В своей книге «*Прикладная баллистика для стрельбы на большие дальности*» [1], я дал некоторый анализ различных источников возникновения рассеивания. Те ее составляющие, которые связаны с ошибкой прицеливания (такие как мираж и параллакс), прямо пропорциональны дальности, потому что они возникают из-за ошибки в наведении ствола. Пропорциональная зависимость этих составляющих рассеивания пули от дальности означает, что группа в 1 дюйм на 100 ярдах увеличивается до группы в 10 дюймов на 1000 ярдах.

Напротив, дисбаланс пули является примером составляющей рассеивания, который зависит от времени полета, потому что он вызван не смещением ствола, а скорее тем, что пуля приобретает поперечную скорость при выходе из дульного среза. Составляющие рассеивания, связанные с поперечной скоростью, пропорциональны времени полета, а не дальности. Такой разброс может привести к тому, что группа в 1 дюйм на 100 ярдах вырастет до группы в 14 дюймов на 1000 ярдов.

На самом деле в той или иной степени любая винтовка обладает множеством различных составляющих рассеивания, вопрос состоит лишь в том, какая из составляющих больше всего влияет на общее рассеивание для данной конкретной стрелковой системы.

Возвращаясь к рассматриваемому вопросу, обратите внимание, что произойдет с отклонением, если вы «замедлите» шаг нарезов с 1:10" до 1:12". В этом случае отклонение уменьшается с 0,235 дюйма до 0,196 дюйма из-за более медленного вращения пули при выходе из канала ствола. Это говорит о том, что ваши группы могут уменьшиться с 0,470 дюйма до 0,389 дюйма, что дает уменьшение на 20%. То есть уменьшение отклонения и размера группы на 20% связано с уменьшением шага нарезов на 20% (1:10" против 1:12"). Конечно, если бы вы «ускорили» шаг нарезов с 1:10" до 1:8", то могли бы ожидать увеличения размера группы на 20%, до 0,588". Помните: *это только одна из составляющих, влияющих на размер группы, вызванная дисбалансом пули.*

Если все переменные точны, то формула 5.1 даст точный ответ. Большинство переменных (дульная скорость, время полета и шаг нарезов) легко узнать с достаточной точностью; исключением является дисбаланс пули. Давайте поговорим об этом.

Дисбаланс пули

Получить представление о реальной величине дисбаланса пули может быть довольно затруднительно.

Для непосредственного измерения статического дисбаланса пули требуются очень чувствительные устройства с далеко не идеальной разрешающей способностью. Один из подходов, основанный на применении торсионной люльки, описан в книге «*Факторы точности винтовки*» [6]. Хотя измерение — это самый прямой способ что-то определить, это может оказаться очень сложно, когда вы не видите, что пытаетесь измерить, а это порядка 0,0001 дюйма. Основываясь на данных, полученных с помощью торсионной люльки, и приведенных в упомянутой книге, 90-грановые пули Varmint .270-го калибра имели средний измеренный дисбаланс около 0,00015 дюйма, поэтому мы будем использовать это как одну из опорных точек данных.

Еще один способ вычислить дисбаланс пули — рассчитать его на основе измеренного биения оболочки и того, насколько оно смещает свинцовый сердечник из центра масс пули. Основываясь на известных плотностях меди и свинца, смещение центра тяжести пули можно саппроксимировать (определить приблизительно) с помощью вычислений. Я говорю *саппроксимировать*, потому что биение оболочки обычно неодинаково от основания пули до ее носика. Кроме того, части пули закруглены, а сердечник даже не заполняет оболочку по всей длине. Однако примерные цифры можно получить с помощью эксцентриковых цилиндров.

Чтобы сделать этот расчет, вы должны знать биение оболочки. Оболочки наилучшего качества, доступные в настоящее время с точки зрения концентричности, про-

изводятся компанией J4, которая поставляет их для всех пуль компании Berger. Производственный допуск полного измеренного радиального биения (TIR) для этой лучшей в своем классе оболочки пули составляет 0,0003 дюйма. Это максимальная вариация толщины оболочки от самой толстой до самой тонкой ее части по окружности.

	Биение оболочки	Смещение ЦТ пули
Оболочки наилучшего качества	0,0001"	0,00003"
	0,0002"	0,00007"
	0,0003"	0,00010"
Оболочки среднего качества	0,0004"	0,00013"
	0,0005"	0,00017"
	0,0006"	0,00020"

Таблица 5.1. Расчётное смещение ЦТ пули, вызванное биением оболочки.

Учитывая, что обычная пуля .30-го калибра изготавливается с оболочкой толщиной 0,025 дюйма, биение в 0,0003 дюйма приведет к дисбалансу примерно равному 0,0001 дюйма. В небольшом диапазоне эта зависимость почти прямо пропорциональна. Соотношение биения оболочки и дисбаланса пуль в наиболее вероятном диапазоне значений показано в таблице 5.1. На основании данных этой таблицы, дисбаланс в 0,00015 дюйма, измеренный на пулях .270-го калибра, находится где-то в среднем диапазоне, что является хорошей проверкой корректности расчетов.

Еще один способ подумать о вероятном смещении ЦТ пули — подумать о наилучших возможных средних величинах групп, которые стреляют бенчрест-стрелки. Зачетная группа («эггрегейт») состоит из 5 групп по 5 выстрелов в каждой, отстреливаемых на заданную дальность. Типичные победные «эггсы» составляют порядка 0,25". Воспользовавшись формулой 5.1 в обратную сторону, находим, что для того, чтобы иметь возможность стрелять 0,25-дюймовые «эггрегейты» на 100 ярдах, дисбаланс 65-грановой пули калибра 6-мм, выпущенной со скоростью 3200 фт/с из ствола с шагом нарезов 1:14" на 100 ярдах (время полета примерно 0,100 с), должен составлять *не более* 0,000073 дюйма. Имейте в виду, что этот элитный уровень кучности достигается на открытом воздухе при наличии ветра и включает в себя другие составляющие рассеивания, не связанные с дисбалансом пули. Следовательно, мы можем сказать, что эти пули имеют дисбаланс *не более* 0,000073 дюйма, что предполагает наличие оболочки с биением *не более* 0,0002 дюйма. На самом деле, скорее всего пули сбалансированы лучше, чем эти значения, учитывая другие составляющие рассеивания, которые в сумме дают общий средний разброс попаданий в 0,25 дюйма.

Приведенные выше цифры, вместе с обсуждением вопроса в книге «*Факторы точности винтовки*» [6], дают много информации и контекста для понимания того, каков вероятный дисбаланс у ваших пуль. Если вы стреляете лучшими пулями Berger, изготовленными с оболочками J-4, вы, вероятно, можете рассчитывать на средний дисбаланс пули от 0,00007 до 0,0001 дюйма максимум. Пули более низкого качества, изготовленные с более неконцентричными оболочками, могут иметь дисбаланс в диапазоне от 0,00015 до 0,00020 дюймов.

Используем математику

Так что же означает вся эта математика о дисбалансе пули для рассеивания и шага нарезов? Что ж, если вы для своей следующей винтовки .308 Winchester рассматриваете ствол с быстрым шагом (1:8") из-за благоприятных внешнебаллистических факторов, вы можете подумать, как на ваши группы повлияет дисбаланс выбранных вами пуль. Например, рассмотрим средний калибр .308 Winchester, стреляющий пулями весом 175 гран со скоростью 2700 футов в секунду в стволе с шагом нарезов 1:12", а не с шагом 1:8". Оба обеспечивают *достаточную* стабильность, но вам нужна *сверхстабильность*, обеспечиваемая шагом 1:8". Насколько больших групп вам стоит ожидать для средних пуль с дисбалансом 0,00015 дюйма?

Согласно формуле 5.1, размер групп составит 0,88" для шага 1:8" против 0,56" для шага 1:12". Помня, что это всего лишь одна составляющая разброса, вы можете считать разницу в потенциальных группах значительной или незначительной, в зависимости от своих стрелковых задач.

Предположим, вы выбрали для этой винтовки более качественные (лучше сбалансированные) пули с дисбалансом 0,00007 дюйма вместо средних пуль с дисбалансом 0,00015 дюймов. В этом случае группы для шага нарезов 1:8" и 1:12" будут соответственно 0,41" и 0,21".

Дело вот в чем — более быстрый шаг нарезов может преувеличить рассеивание пуль, но насколько сильно это будет, зависит от их сбалансированности.

На этой ноте давайте сделаем ряд промежуточных выводов, прежде чем мы перейдем к испытаниям в реальных условиях.

Промежуточный вывод

Существует множество причин рассеивания пуль, одним из которых является отклонение из-за их дисбаланса. То, какое отклонение вы получите, определяется величиной дисбаланса пули, ее дульной скоростью и шагом нарезов ствола. Увеличение дульной скорости пули и/или шага нарезов увеличивает скорость вращения и, соответственно, рассеивание. Также рассеивание увеличивает дисбаланс пули.

Для обычных стрельб дисбаланс пуль, вероятно, не влияет на общий размер группы из-за различных других факторов, влияющих на рассеивание. Однако для элитных бенчрест-стрелков, которые стабильно стреляют средние группы в 0,25 дюйма на 100 ярдов, дисбаланс пули является одним из основных факторов рассеивания, поэтому они тяготеют к медленным шагам нарезов и высококачественными пулям.

Если вы хотите стрелять из ствола с быстрым твистом, чтобы достичь высоких внешнебаллистических характеристик, помните о факторах рассеивания, описываемых формулой 5.1. В зависимости от других составляющих рассеивания в вашей стрелковой системе, вы можете увидеть существенное увеличение групп при использовании стволов с более быстрым шагом нарезов. Одна из вещей, которая повлияет на это, — это баланс ваших пуль. При стрельбе плохо сбалансированными пулями из стволов с быстрым шагом нарезов, разброс из-за дисбаланса может легко увеличиться до величин, определяющих для размеров вашей группы попаданий. Однако с хорошо сбалансированными пулями вы можете стрелять из стволов с быстрым твистом, и при этом рассеивание не станет слишком большим, чтобы с ним потребовалось бы справляться.

Тестирование практической стрельбой

Любая теория хороша, но самое время пострелять! Выдержит ли математика? Посмотрим.

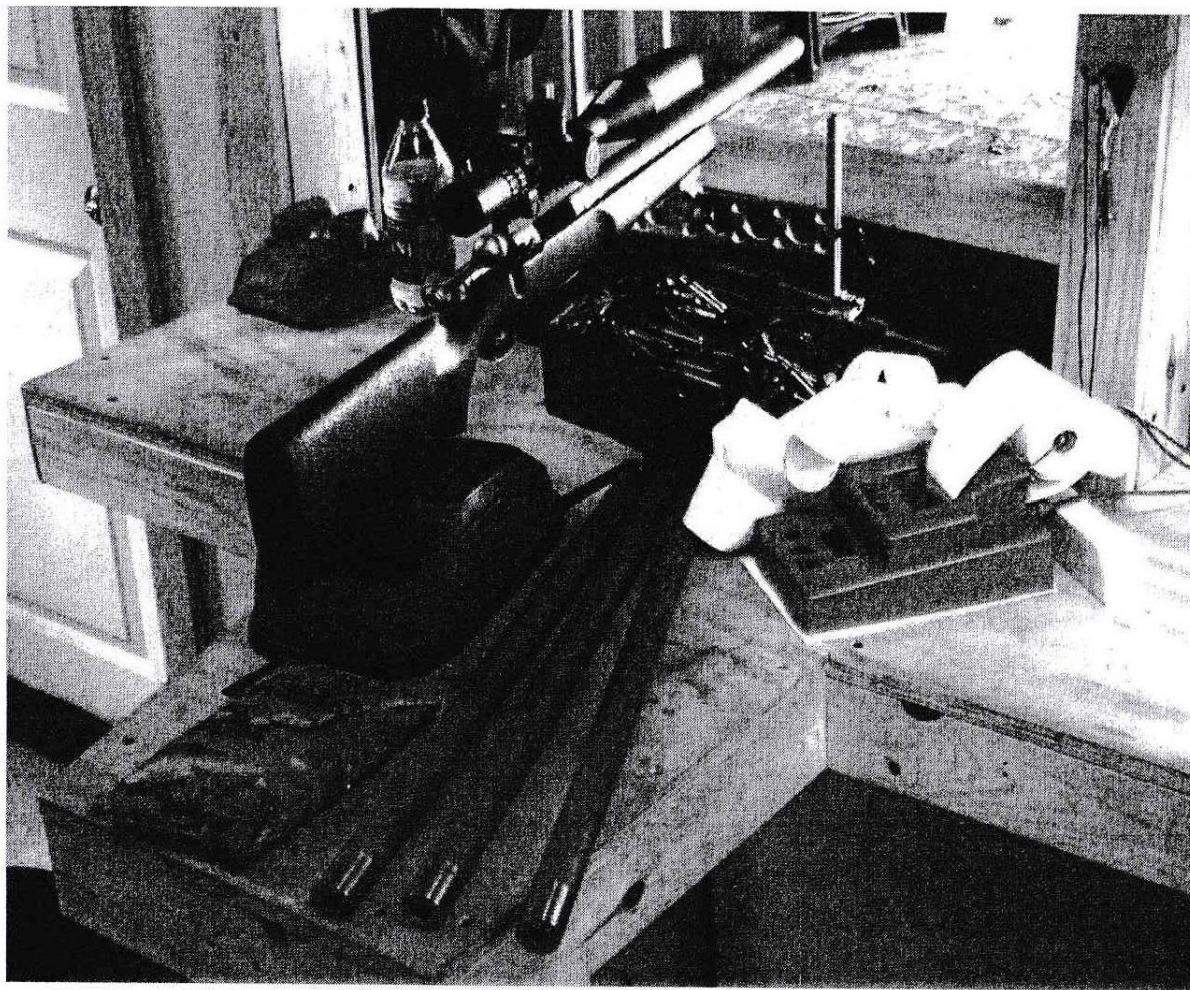


Рис. 5.2. Тестовая установка для определения зависимости рассеивания пуль от шага нарезов.

Одной из проблем при изучении рассеивания пуль при практической стрельбе является выделение переменных. Если у вас есть винтовка с шагом 1:8", другая винтовка с шагом 1:12" и вы знаете кого-то, у кого вы можете одолжить винтовку с шагом нарезов каналов ствола 1:10" и отстрелять из них всех группы, это будет плохой тест. Вы не знаете, какая доля разброса была вызвано шагом нарезов, а какая — различиями в стволах, прикладах, прицелах, спусковых механизмах и т.д.

Хотя в реальном мире невозможно провести идеальное тестирование, мы делаем все возможное, чтобы свести к минимуму как можно больше переменных. Для этого теста я использовал ту же платформу Savage, ложу HS Precision, прицел Night Force и стволы Bartlein, что и в предыдущих испытаниях. Стволы Bartlein имеют одинаковую длину, профиль и патронники, прорезанные одной и той же разверткой, одними и теми же людьми в один и тот же день. Тест проводился путем отстрела одной и той же партии боеприпасов из каждого ствола по очереди, замены стволов на одной и той же платформе с использованием одних и тех же калибров для зеркального зазора у каждого из них. Тест проводился одним и тем же стрелком в течение нескольких часов в без-

ветренных условиях. Таким образом, все переменные, которые можно было разумно контролировать, были сведены к минимуму, позволив оставить в качестве фокуса только шаг нарезов канала ствола.

Все три ствола Bartlein имели длину 24 дюйма, прямой профиль 1,125 дюйма с патронниками .308 Winchester по SAAMI, с пятью правосторонними (5R) нарезами, с шагом 1:8, 1:10 и 1:12 дюйма.

Боеприпасы снаряжались с использованием одних и тех же компонентов, кроме пуль. Одна партия патронов была снаряжена пулями Berger 175 гран OTM Tactical, а другая партия была снаряжена пулями Sierra 175 гран Match King. Мы хотим увидеть, можно ли решить задачу по определению разницы рассеивания пуль высокого и среднего качества, как подсказывает нам математика (предполагается, что у этих пуль существует разница в их балансе).

Процедура испытаний заключалась в том, чтобы начать с тщательной чистки стволов, затем перед зачетной группой произвести 5 прогоночных выстрелов. После загрязнения каждого ствола каждым типом боеприпасов/пуль, я произвел 5 групп по 5 выстрелов (бенчрестовский «эггрегейт»). При переходе между типами пуль стволы не чистились, но порядок их отстрела чередовался. Стволы с шагом нарезов 1:8" и 1:12" отстреливались первыми и последними, и для них я сначала стрелял боеприпасами Berger, а затем боеприпасами Sierra. Что касается ствола с шагом 1:10", то сначала я отстрелял из него пулями Sierra, а затем пулями Berger. Никакого ухудшения точности после 60 выстрелов, сделанных в каждом стволе после чистки (5 прогоночных и 25 зачетных выстрелов одной пулей, затем 5 прогоночных и 25 зачетных выстрелов второй пулей) не появилось. При смене типов пуль я делал 5 пробных прогоночных выстрелов новой пулей, чтобы приспособить к ней ствол (подозреваю, что различия в материале оболочки и ее обработке могут оказывать влияние на последующие выстрелы, но это уже вопрос других испытаний в другое время).

На рис. 5.3 показана тестовая мишень со всеми полученными группами. Их изучение может дать вам представление о том, что происходит, но четко увидеть тенденции довольно трудно, заметны только очевидные вещи. Например, посмотрите на второй и последний ряды, где показаны пули Sierra, выпущенные из стволов с шагом нарезов 1:8" и 1:12". Визуально заметно, что ствол с более медленным твистом дает лучшие средние группы, чем ствол с более быстрым шагом.

Чтобы действительно увидеть, что происходит, вы должны измерить группы и посмотреть статистику. Начнем с результатов для пуль Sierra. На рис. 5.4 показан график средних размеров групп, полученных на пулях Sierra, для каждого шага нарезов. Показаны диапазоны погрешностей, которые указывают на ± 2 стандартных ошибки. Это означает, что если бы тест был повторен, средний размер группы попадет в этот диапазон погрешностей с достоверностью 95%. Другими словами, истинное среднее значение размера групп с вероятностью 95% находится в этом диапазоне. Обратите внимание, что это не говорит о том, что в этот диапазон попадет какая-либо конкретная группа, но *среднее* значение должно в него попадать обязательно.

Под графиком в табличной форме также показаны измеренные размеры групп и статистические данные.

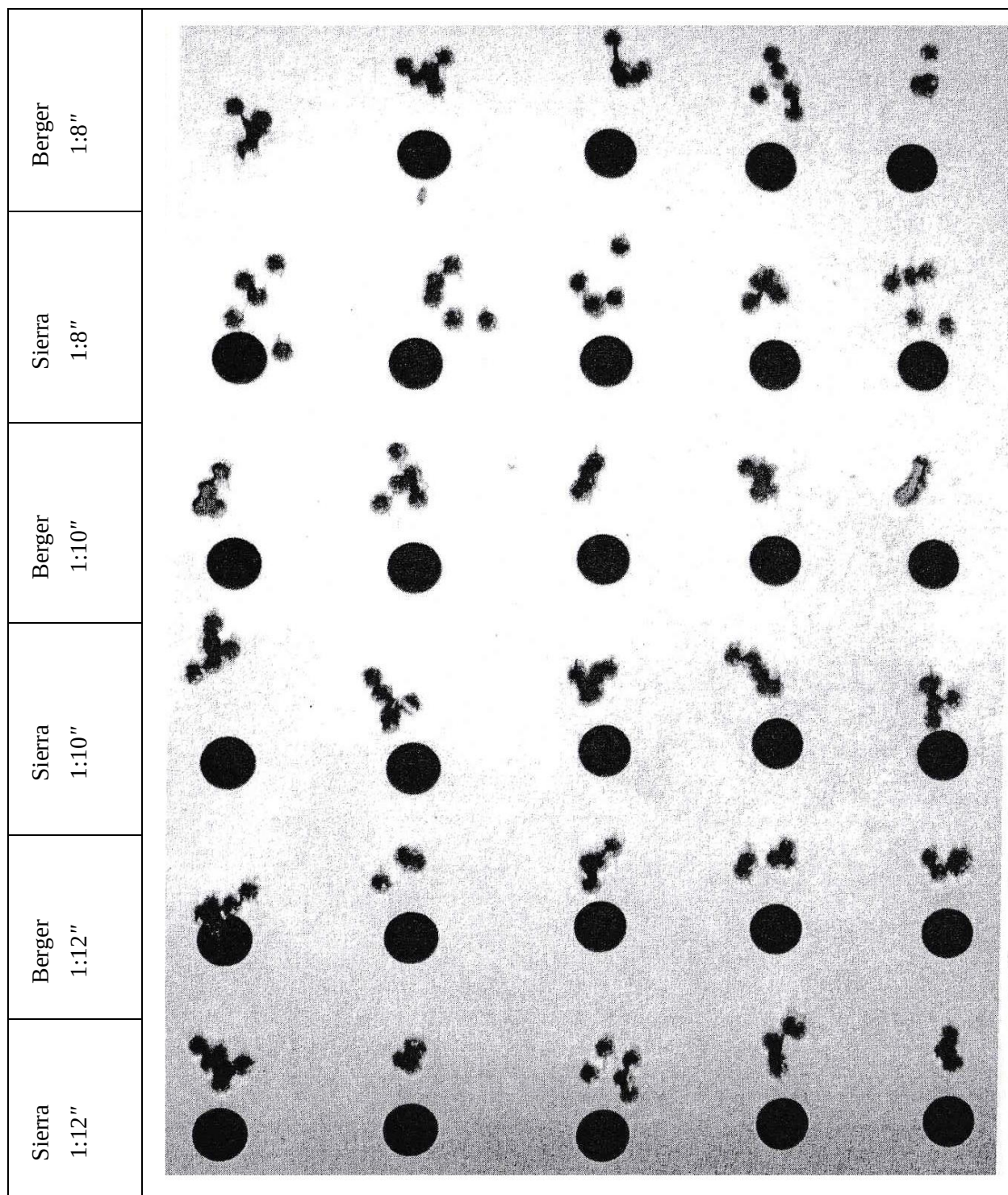
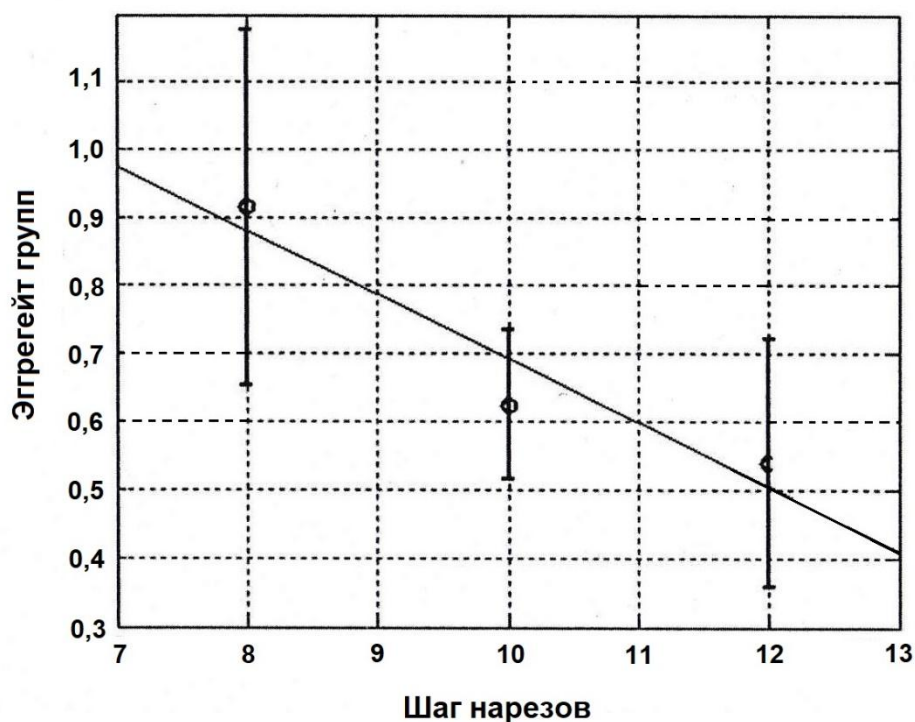


Рис. 5.3. Тестовая мишень, на которой показаны все группы, отстрелянные из стволов с шагом нарезов 1:8", 1:10", и 1:12".

Шаг нарезов и размеры групп для пуль Sierra



Группа	1:8"	1:10"	1:12"
1	1,26"	0,74"	0,64"
2	0,94"	0,68"	0,24"
3	0,93"	0,46"	0,75"
4	0,45"	0,72"	0,64"
5	1,00"	0,53"	0,43"
Среднее	0,916"	0,626"	0,540"
Стандартное отклонение	0,293"	0,124"	0,204"
Стандартная ошибка	0,131"	0,055"	0,091"

Зависимость размеров групп от шагов нарезов

Наклон = -0,094

Коэффициент корреляции = 0,95

Рисунок 5.4. Размеры групп, полученных с пулями Sierra Match King, строго коррелируют с шагом нарезов ствола, что предполагает, что их дисбаланс является наиболее весомой составляющей рассеивания.

Из графика видно, что по мере того, как шаг нарезов уменьшается с 1:8 до 1:12 дюймов, также снижается средний размер группы («эггрейт»). Ствол с шагом 1:8" на 100 ярдах в среднем дал группу 0,916", а ствол 1:10" — в среднем 0,626". Это довольно значительный скачок. Хотя с технической точки зрения, поскольку диапазоны погрешностей для групп, полученных из стволов с шагом 1:8" и 1:10" немного перекрываются, есть небольшой шанс, что истинные средние группы для обоих этих стволов могут

фактически быть одинаковыми, размером около 0,70", т.е. в том месте, где перекрываются диапазоны. Однако основываясь на том, что большая часть диапазонов погрешностей не перекрываются, весьма вероятно, что средние значения размеров групп будут действительно отличаться, и тем значительнее, чем больше групп будет отстреливаться.

При переходе к стволу с твистом 1:12" средний размер группы сокращается до минимума в 0,54". Это меньший скачок, чем то, что мы видели при переходе со ствола с шагом 1:8" на шаг 1:10", но для этого есть веская причина.

Помните, что этот тест предназначен для *максимально возможного* отделения рассеивания от шага нарезов. Однако реальность такова, что есть много других составляющих рассеивания, влияющих на группы. Такие вещи, как атмосферные условия, качество прицеливания и стрельбы, постоянство патронов и т. д. Все эти переменные влияют на основной разброс, который в хорошем тесте влияет на все группы одинаково. Другими словами, если бы у нас были идеально сбалансированные пули, которые не имели бы рассеивания из-за шага нарезов, все равно существовал бы некоторый уровень базового рассеивания, который определял бы минимальный размер группы.

Несмотря на то, что мы не можем идеально разделить составляющие рассеивания в реальном тесте, мы можем многое из него узнать, используя статистический анализ.

Диагональная линия, которую вы видите на рис. 5.4, лучше всего соответствует средним группам для трех различных шагов нарезов. Другими словами, линия представляет собой соотношение между размерами групп и шагом нарезов канала ствола. Такое соотношение описывается числом, называемым *наклоном*. В нашем случае значение наклона составляет -0,094, а его единицей измерения является *изменение размера группы в зависимости от изменения шага нарезов*. В текстовой форме мы можем сказать, что на каждый дюйм «замедления» шага нарезов, вы можете ожидать уменьшения среднего размера группы на 0,094 дюйма. Переход с шага нарезов 1:8" к шагу 1:10" означает изменение шага на 2 дюйма, поэтому, исходя из наклона, равного 0,094, мы должны ожидать уменьшения размера группы примерно на $2 * 0,094 = 0,188$ дюйма. На практике, в тесте, уменьшение групп при переходе с шага 1:8" к шагу 1:10" составило 0,290 дюймов — чуть больше расчетного. Переход с шага 1:10" на шаг 1:12" уменьшил средний размер группы на 0,086" по сравнению с 0,188", рассчитанных исходя из наклона.

Наклон имеет более важное значение, чем просто моделирование изменений в размере групп для различных шагов нарезов. Мы также можем использовать его, чтобы оценить степень дисбаланса пуль. По сути, с помощью формулы 5.1 мы можем записать разницу в измеренном разбросе попаданий следующим образом:

$$diff\ in\ group = \frac{48 * \pi * MV * tof * \delta}{twist2} - \frac{48 * \pi * MV * tof * \delta}{twist1}$$

Формула 5.2

Здесь значения *twist2* и *twist1* представляют собой два разных шага нарезов, которые вы рассматриваете. Другие переменные определены в формуле 5.1.

Обратите внимание, что мы заменили константу 24 на 48, потому что теперь мы говорим об общем размере группы, а не только об отклонении от ее центра.

Напомним, что наклон нашей линии равен 0,094, а единицей измерения является *изменение размера группы в зависимости от изменения шага нарезов*. Наклон можно составить, используя переменные из формулы 5.2, потому что в ней содержатся значения *diff in group*, *twist2* и *twist1*. Преобразование формулы 5.2 с учетом наклона (*slope*) и ее решение для дисбаланса пули δ приводит к следующему выражению:

$$\delta = \frac{-\text{twist1} * \text{twist2} * \text{slope}}{48 * \pi * \text{tof} * MV}$$

Формула 5.3

В формуле 5.3 множитель *наклона* относится к измеренному изменению размера группы в 0,094 дюйма в зависимости от дюйма шага нарезов. Чтобы решить формулу 5.3 для дисбаланса δ , нам нужно знать дульную скорость и время полета пули Sierra. Средняя дульная скорость составила 2701 фут/сек, а время полета до 100 ярдов — 0,1152 секунды. Подставив эти числа и решив формулу 5.3, можно определить, какой дисбаланс может быть у пули в зависимости от наклона размера группы и шага нарезов ствола.

$$\delta = \frac{-8 * 12 * (-0,094)}{48 * \pi * 0,1152 * 2701}$$

$$\delta = 0,00019 \text{ дюйма}$$

Полученный результат показывает, что основываясь на разнице в наблюдаемых размерах групп в диапазоне шагов нарезов от 1:8" до 1:12", пули Sierra, вероятно, будут иметь дисбаланс примерно 0,00019 дюйма.

Возвращаясь к таблице 5.1, мы видим, что дисбаланс пули в 0,00019 дюйма подразумевает биение оболочки чуть менее 0,0006 дюйма, что находится в среднем диапазоне.

Помните, что вся эта математика основана на числах, полученных в результате экспериментов в реальном мире. Здесь хорошо то, что мы можем быть уверены, что результаты отражают реальность. Недостатком же является то, что во всех экспериментах есть некоторая неопределенность результатов. Эту неопределенность можно охарактеризовать с помощью коэффициента корреляции, который говорит нам о том, насколько хорошо линия наилучшего соответствия фактически отражает полученные экспериментальные данные. В случае с пулями Sierra корреляция между средним размером группы и шагом нарезов составляет 0,95, а значение R^2 равно 0,90. Другими словами, это означает, что 90 % изменения размера группы связано с изменением шага нарезов, а остальные 10 % изменения размера группы связаны с другими случайными величинами.

Коэффициент корреляции, равный 0,95 — это довольно высокий коэффициент, указывающий на высокую уверенность в точности измеренного наклона (-0,094). Поскольку все расчеты дисбаланса были основаны на этом наклоне, мы можем разумно предположить, что также точны дисбаланс пули и биение оболочки, полученные в наших расчетах.

Надеюсь, формулы не отпугнули вас, и вы задержались, чтобы увидеть результаты, полученные с помощью математики и статистики. Поистине удивительно, как мно-

го информации можно почерпнуть из размеров групп с точки зрения лежащих в их основе причинно-следственных связей.

Далее мы проведем такой же анализ для пуль Berger. Помните, что этот тест проводился с пулями Sierra и Berger весом 175 гран. Основная цель этого теста — определить, есть ли связь между шагом нарезов и размером группы. Поскольку мы уже знаем, что это зависит от того, насколько хорошо сбалансированы пули, интересно посмотреть на пули разных производителей, которые воспринимаются как имеющие разный уровень качества. Компания Sierra хорошо известна производством хороших пуль, но они редко когда используются на соревнованиях самого высокого уровня, где точность имеет первостепенное значение, таких как F-класс и Бенчрест. В этих стрелковых дисциплинах пули Berger, как правило, являются доминирующим брендом с точки зрения популярности. Давайте взглянем на результаты испытаний пуль Berger и посмотрим, что мы можем узнать об их дисбалансе и о том, как он соотносится с результатами, полученными на пулях Sierra.

Как вы можете видеть на рис. 5.5, наклон линии наилучшего соответствия для пуль Berger намного меньше по сравнению с пулями Sierra. Числовые значения наклона составили -0,094 для пуль Sierra против -0,019 для пуль Berger. Это означает, что *группы на пулях Berger не так зависимы от шага нарезов, как группы на пулях Sierra*. Это, в свою очередь, свидетельствует о том, что пули Berger лучше сбалансированы.

Глядя на данные, представленные на рис. 5.5, видно, что тут меньше не только наклон,¹ но и перекрывается большая часть диапазонов погрешностей для трех разных шагов нарезов. Это указывает на наличие довольно слабой корреляции данных. На самом деле реальный коэффициент корреляции составил всего 0,55, а значение R^2 равно 0,30. Это означает, что 30 % вариаций среднего размера группы связаны с шагом нарезов, а 70 % ее вариаций — с другими переменными. Это гораздо более слабая корреляция, чем мы видели для пуль Sierra, что указывает на то, что пули Berger лучше сбалансированы.

Посмотрим, на какой уровень дисбаланса пули указывает наклон -0,019 дюйма. Применяя ту же математику, которую мы использовали для пуль Sierra, дисбаланс пуль составит:

$$\delta = \frac{-8 * 12 * (-0,019)}{48 * \pi * 0,1151 * 2696}$$

$$\delta = 0,000039 \text{ дюйма}$$

Обратите внимание, что средняя дульная скорость у пуль Berger была лишь не намного ниже (на 5 футов в секунду), а из-за более высокого баллистического коэффициента время полета до 100 ярдов было почти таким же, как у пуль Sierra (0,1151 против 0,1152 секунды).

Дисбаланс, полученный по результатам испытаний пуль Berger, составляет 0,000039 дюйма. Согласно таблице 5.1 это предполагает биение оболочки чуть более

¹ Графики на рисунках 5.4 и 5.5 изображены в значениях от 0,3 до 1,2 по вертикальной оси, и от 7 до 13 по горизонтальной оси. Другими словами, они имеют один масштаб и их можно сравнивать между собой визуально.

0,0001 дюйма, что согласуется с биением, указанным как допустимое для оболочек J4 и составляющим менее 0,0003 дюйма.

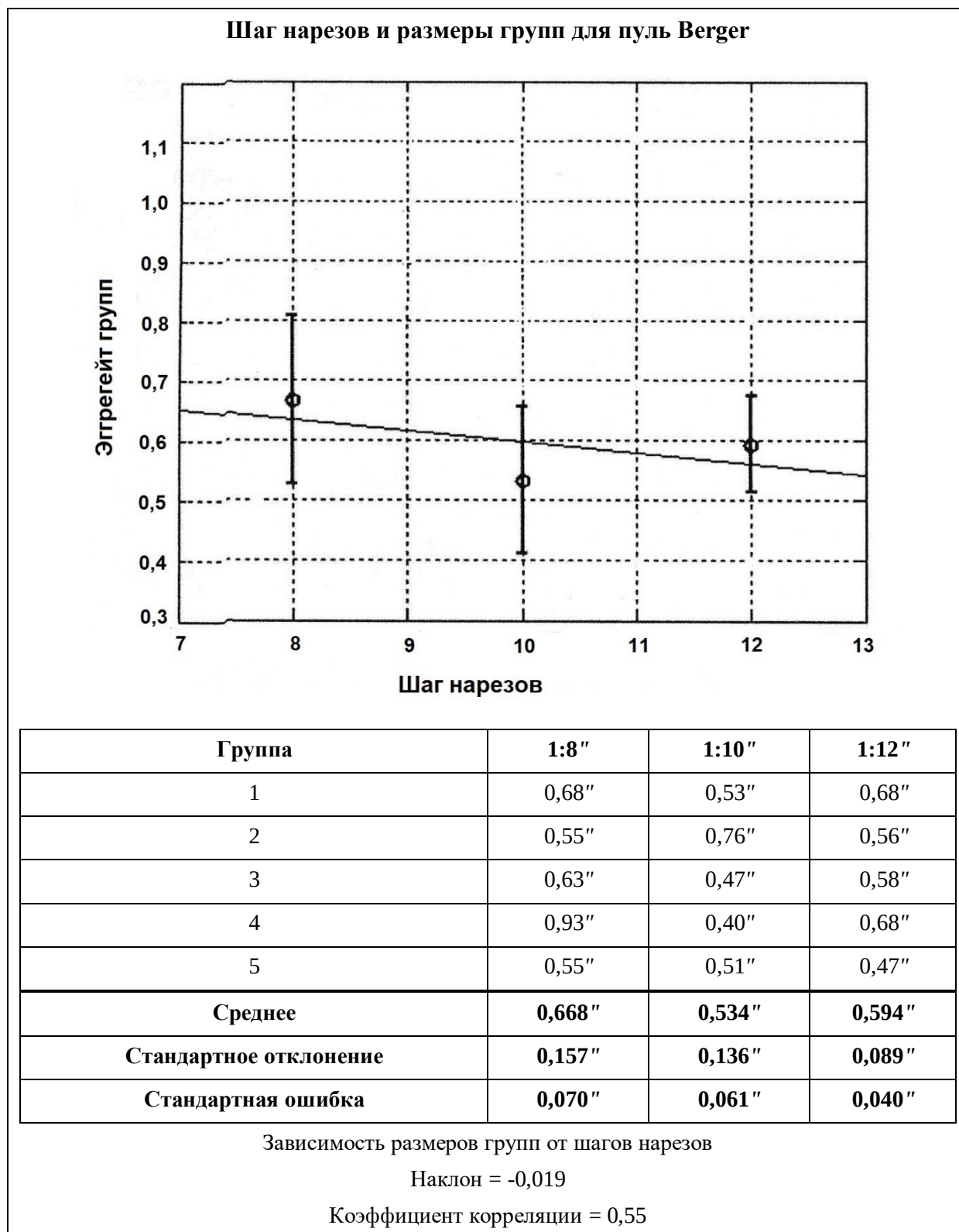


Рисунок 5.5. Размеры групп, полученные на пулях Berger меньше коррелируют с шагом нарезов, что подразумевает их минимальный дисбаланс.

Выводы по результатам тестирования и обобщение материала 5-й главы

Результаты испытаний практической стрельбой показывают, что для обеих протестированных типов пуль группы получаются больше у более быстрых стволов по сравнению с более медленными. Это указывает на то, что обе пули имеют некоторый дисбаланс, однако у пуль Berger увеличение размеров групп оказалось намного меньше. Применение математики, которая связывает размер группы с дисбалансом пули, показывает, что пули Sierra были изготовлены с использованием оболочек, биение которых было чуть меньше 0,0006", а пули Berger были сделаны с оболочками, биение которых чуть выше 0,0001".

Для номинальных шагов нарезов в диапазоне от 1:10" до 1:12", для винтовок, которые дают группы в среднем в пределах 0,5 дюйма, такая разница в балансе пули не очень очевидна. В этих условиях доля рассеивания вследствие шага нарезов является незначительной, это *фоновый* фактор по сравнению с другими составляющими разброса попаданий, что означает, что он не окажет заметного влияния на размер группы. Однако для сверхбыстрых шагов нарезов, таких как 1:8", разница в балансе пуль в среднем размере группы становится очевидной, особенно для плохо сбалансированных пуль.

Если вы имеете дело с более высокими уровнями кучности, такими как винтовки, способные давать среднюю группу в пределах 0,25 дюйма, тогда разница в балансе пули станет очевидной при более медленных шагах нарезов.

В этой главе представлена очень важная информация для тех, кто заинтересован в использовании стволов с быстрым шагом нарезов. В предыдущих главах было показано много преимуществ сверхстабильности с точки зрения внешнебаллистических характеристик, и было важно исследовать потенциальную оборотную сторону того, как повышенный шаг нарезов может повлиять на группы (на кучность). Основной вывод таков: если вы имеете дело с хорошо сбалансированными пулями, вы можете обойтись более быстрым шагом нарезов канала ствола и не увидите значительного влияния на размер группы. Однако, если вы используете пули со средним или ниже среднего балансом, вы можете ожидать существенную потерю кучности при переходе на стволы с более быстрым твистом.

Обратите внимание, что Berger и Sierra — это всего лишь два примера марок пуль, которые были выбраны для этого теста по причине их распространенности. Одни и те же принципы, лежащие в основе зависимости сбалансированности пули, шага нарезов и рассеивания попаданий, применимы ко всем брендам. В целом, вы, скорее всего, можете ожидать, что любая пуля, сделанная с оболочкой J4, будет иметь характеристики сбалансированности, подобные пулям Berger (поскольку эта компания применяет исключительно оболочки J4), в то время как сбалансированность пуль других брендов будет зависеть от биения оболочек, из которых они сделаны.

Материал данной главы можно рассматривать в качестве *современных достижений* баллистики двояко:

- Одним из достижений является знание баланса пули, шага нарезов и рассеивания, что и было продемонстрировано практическим тестом.
- Другим достижением является наличие хорошо сбалансированных пуль. Такие пули позволяют стрелкам извлекать выгоду из стволов с быстрым шагом нарезов и эффектов сверхстабильности без существенного ущерба

для кучности. Такие хорошо сбалансированные пули далеко не всегда были в наличии.