

## Судебно-экспертное исследование походки

 С.М. Петров

Федеральное бюджетное учреждение Калининградская лаборатория судебной экспертизы Министерства юстиции Российской Федерации, Калининград 236035, Россия

**Аннотация.** Статья посвящена особенностям криминалистической идентификации личности по походке на видеозаписях.

Приведен краткий обзор современного состояния отечественной и зарубежной практики экспертной идентификации личности по походке, с критических позиций проанализированы базовые положения и методы криминалистической идентификации человека по признакам внешности.

Исследован комплекс параметров походки, исследуемых в биомеханике, прослежены возможности выявления этих параметров на произвольных видеозаписях и использования выявляемых параметров в качестве идентификационных признаков.

Изучены базовые принципы биометрической идентификации по походке, представлены основные модели походки, используемые в биометрии.

На основе анализа различных систем идентификационных признаков походки выдвинуто предложение о разработке системы качественных и количественных признаков, что позволит использовать как визуальный, так и инструментальные методы анализа; выбор конкретного метода зависит от качества исследуемых видеозаписей.

**Ключевые слова:** *портретная экспертиза, экспертиза видеозаписей, походка, модель, биометрическая идентификация, криминалистическая идентификация*

**Для цитирования:** Петров С.М. Судебно-экспертное исследование походки // Теория и практика судебной экспертизы. 2022. Т. 17. № 3. С. 26–39. <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2022-3-26-39>

## Forensic Gait Study

 Sergei M. Petrov

Kaliningrad Laboratory of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Kaliningrad 236035, Russia

**Abstract.** The article discusses the problems of forensic identification of a person by gait on video recordings.

The author presents a brief review of the current state of domestic and foreign practice of expert identification of a person by gait, he also analyzes the basic provisions and methods of forensic identification of a person by signs of appearance from critical positions.

He also reviews a set of gait parameters studied in biomechanics, considers the possibility of identifying these parameters on random video recordings and the capabilities of using the detected parameters as identification features.

The basic principles of biometric gait identification have also been studied in the article; the description of the main gait models used in biometrics have been given.

Based on the analysis of various identification features, a proposal has been put forward to develop a system of qualitative and quantitative gait signs, which will allow the use of both visual and instrumental methods of analysis for research; the choice of a particular method depends on the quality of the video recordings under study.

**Keywords:** *portrait examination, examination of video recordings, gait, model, biometric identification, forensic identification*

**For citation:** Petrov S.M. Forensic Gait Study. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2022. Vol. 17. No. 3. P. 26–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2022-3-26-39>

### Введение

Системы видеонаблюдения имеют важное значение в охране общественного порядка, профилактике и раскрытии преступлений; видеозаписи регулярно выступают в качестве доказательств по уголовным делам. При этом существенный рост количества видеозаписей, фиксирующих внешность правонарушителей, не привел к пропорциональному увеличению количества экспертных идентификаций личности по признакам внешности, что связано с рядом причин технического, организационного, и в первую очередь методического характера [1, 2].

Поскольку традиционные методы портретной идентификации не всегда применимы к видеоизображениям, на которых идентифицируемое лицо запечатлено с произвольных ракурсов (часто – со значительного расстояния), особое внимание уделяется идентификации по изображениям, полученным с различных ракурсов [1], в том числе с использованием технологий трехмерного моделирования [3]. Однако предпринимаемые усилия недостаточны, о чем свидетельствует желание свести большое количество экспертных ситуаций к уже известным, например, путем внедрения невыполнимых на практике рекомендаций по установке камер систем видеонаблюдения [4].

Специалисты считают, что фактически единственное решение задач криминалистической идентификации личности на видеозаписях лежит в области исследования динамических признаков внешнего облика, и, прежде всего, – признаков походки [5–7]. Это подтверждают публикации отечественных ученых и сообщения о разработке и внедрении автоматических систем биометрической идентификации [8].

В настоящее время идентификация по походке еще не вошла в повседневную экспертную практику. Для составления объективного представления о перспективах развития судебно-экспертного исследования походки необходимо оценить научные достижения этой предметной области и возможности их практического применения.

#### 1. Отечественные исследования

Основой идентификации личности по признакам внешности является габитоскопия, база которой была заложена в конце XIX века французским криминалистом Альфонсом Бертильоном. Развитие дисциплины позволило сформировать прочный науч-

но-методический фундамент для портретной экспертизы и словесного портрета.

Портретная экспертиза в ее классическом виде основана на методах, разработанных преимущественно для исследования документарных фотографий. Эти методы часто неприменимы к видеоизображениям по причине низкого разрешения и несоответствующего ракурса съемки.

Увеличение количества портретных экспертиз, объектами которых является внешний облик правонарушителей, запечатленных на видеозаписях, требует от экспертов все больше внимания уделять функциональным признакам внешности. Поскольку в «традиционной» портретной экспертизе система таких признаков не разработана, эксперты заимствовали лучшее из имеющегося – систему признаков походки словесного портрета.

Словесный портрет, как упорядоченное, систематизированное описание признаков внешности человека с унифицированной терминологией используется в следственной и оперативно-разыскной практике уже давно. Естественно, что походка, которая является одним из функциональных элементов внешнего облика человека и обладает определенной индивидуальностью, не осталась без внимания криминалистов. Описание ее признаков содержится во всех методических материалах по составлению словесного портрета [9], а в последнее время – и в рекомендациях по производству портретной экспертизы.

Несмотря на достаточно объемную систему признаков походки, ее использование в практике составления словесного портрета, как правило, оказывается ограничено случаями, когда походка обладает выраженной индивидуальностью. Это связано с особенностями субъективного восприятия неподготовленных наблюдателей, со слов которых и составляется словесный портрет. В практике составления такого портрета система признаков походки в полном объеме используется крайне редко, в существующем виде оказывается даже несколько избыточной и уже длительное время не совершенствуется в направлении детализации и усложнения.

В результате оказывается, что если при составлении словесного портрета система описательных признаков походки позволяет добиться приемлемых результатов, то при экспертной идентификации эта же система часто оказывается недостаточной как

**Таблица 1.** Описательные признаки походки<sup>1</sup>  
**Table 1.** Descriptive features of gait

Признак		Характеристика признака	
		Объект № 1	Объект № 2
Темп		Средний, ускоренный	Средний, ускоренный
Вид		Шатающаяся	Шатающаяся
Длина шага	Левого	Средняя	Выше среднего
	Правого	Средняя	Выше среднего
Ширина шага	Левого	Ниже среднего	Ниже среднего
	Правого	Средняя	Средняя
Постановка стоп	Левой ноги	Параллельно линии движения	Параллельно линии движения
	Правой ноги	Параллельно линии движения	Параллельно линии движения

в силу ее ограничений, так и по причине недостаточной подготовленности экспертов к исследованию функциональных особенностей внешнего облика. Таким образом, для идентификации используется крайне ограниченный набор общих описательных признаков (табл. 1).

По результатам сравнительного исследования такого набора признаков возможен вывод только в форме «замаскированного» НПВ<sup>2</sup>: «На видеоизображениях ... может быть запечатлено как одно и то же лицо, так и разные лица, с однотипной походкой и схожими антропометрическими данными».

Очевидно, что образ походки, возникающий в результате ее однократного наблюдения, не может содержать того количества особенностей, которые могут быть обнаружены квалифицированным экспертом при многократном наблюдении повторяющихся фрагментов видеозаписи. Из этого следует, что система описательных (качественных) признаков походки должна быть более детальной, чем для словесного портрета. Однако, судя по тематическим публикациям, такая система признаков до настоящего времени не упоминается даже в виде актуальной научно-исследовательской задачи.

Помимо описательных признаков, исследование видеозаписей делает возможным определение некоторых измеримых параметров, традиционно исследуемых в биомеханике. Теоретически такие параметры могут выступать в роли количественных признаков, использование которых позво-

ляет подкрепить вывод о тождестве объективными данными.

Значение количественных признаков для исследования походки не вызывает сомнений в экспертном сообществе, но системные научные исследования по данному направлению представлены лишь в монографии В.Г. Булгакова. Автор определял возможность использования пространственных, временных и кинематических параметров походки, применяемых в биомеханике, для идентификации личности<sup>3</sup>. Им было получено и исследовано более 750 видеозаписей походки, разработана программа для их анализа и отображения результатов в наглядной форме. В итоге сделан вывод, что данные, полученные при исследовании кинематических параметров походки, «будут строго индивидуальны и могут быть использованы не только для диагностики его состояния, но и для его идентификации по походке» [10].

Видеозаписи, с которыми приходится работать экспертам, производятся с произвольных ракурсов, следовательно, на практике исследование кинематики движений столкнется с теми же проблемами, что и портретная экспертиза – необходимо будет или вводить поправочные коэффициенты, позволяющие учитывать ракурс съемки для корректировки измеренных значений углов, или переходить к трехмерной реконструкции.

Другим характеристикам походки в работе уделяется намного меньше внимания,

<sup>1</sup> Пример из заключения эксперта.

<sup>2</sup> Не представляется возможным ответить на поставленный вопрос.

<sup>3</sup> Основное внимание в работе уделялось исследованию кинематики движений в сагиттальной плоскости, для чего экспериментальная видеосъемка выполнялась с соответствующего ракурса.

а качественные особенности движений, совершаемые при ходьбе, оцениваются по критериям словесного портрета.

Обзор экспертной практики, научных и методических работ показывает, что для решения задачи экспертной идентификации личности по походке отечественная криминалистическая наука в настоящее время может предложить только отдельные методические инструменты, применение которых или ограничено требованиями к исследуемым видеозаписям, или не позволяет обеспечить выявление идентификационно значимой совокупности признаков походки.

В связи с вышеизложенным считаем, что большое значение для идентификации будет иметь не только система количественных признаков походки и точность их измерения, но и тщательно проработанная (более детальная чем в рекомендациях по составлению словесного портрета) система качественных признаков.

С учетом этого представляется важным рассмотрение практического опыта стран, где исследование походки применяется в доказывании уже длительное время.

## 2. Зарубежная экспертная практика

Судебно-экспертная идентификация по признакам походки (и функциональным признакам в целом), в отличие, например, от идентификации по голосу и речи, не является общепризнанной технологией экспертной идентификации личности. Однако в Великобритании, Канаде, Дании и Нидерландах идентификация по признакам походки практикуется на протяжении уже около 20 лет.

В настоящее время методической базой для исследования походки служат такие документы, как руководство «Forensic gait analysis: code of practice»<sup>4</sup>, опубликованное на официальном сайте правительства Великобритании, а также изданные в 2020 году книги британских ученых [11, 12].

В сложившейся в странах англо-саксонского права системе судебно-экспертных компетенций задача идентификации личности по походке является предметом судебной ортопедии (forensic podiatry). В качестве экспертов обычно выступают ортопеды-клиницисты<sup>5</sup>, имеющие, помимо профильного медицинского образования,

многолетний опыт клинических исследований.

Основные методы исследования походки – наблюдение (observational gait analysis) и инструментальный анализ (instrumented gait analysis). Поскольку наблюдение при исследовании имеет важное значение, к квалификации эксперта предъявляются высокие требования [13].

Критический анализ экспертной практики, которому способствует перекрестный допрос эксперта в открытом судебном процессе, позволяет непрерывно совершенствовать технологии экспертного исследования. Одно из последних достижений – разработка и внедрение в экспертную практику системы Shefeld Features of Gait Tool [11, 12]. Система представляет набор из двадцати одного подлежащих исследованию качественного признака, описывающих характер движений в суставах или конечностях в целом. Для признаков задан набор возможных значений, из которых эксперт выбирает соответствующее.

Например, один из признаков, характеризующих кинематику движений в коленном суставе, согласно указанной системе, может принимать следующие значения:

- в момент соприкосновения стопы с опорой колено в согнутом состоянии;
- в момент соприкосновения стопы с опорой колено в состоянии полного разгибания (или близком к нему);
- в момент соприкосновения стопы с опорой колено в состоянии полного разгибания или переразгибания;
- в момент соприкосновения стопы с опорой угол сгибания в коленях не может быть определен.

Система таких качественных признаков, с одной стороны, является достаточной для составления детального описания особенностей походки, с другой – позволяет использовать для исследования видеозаписи, не пригодные, например, для измерения углов сгибания суставов.

Внедрение системы направлено на обеспечение воспроизводимости и повторяемости результатов исследования.

В целом судебно-экспертное исследование видеозаписей с целью идентификации личности включает анализ общей модели/стиля движения и кинематики суставов, временных и пространственных характеристик движения, анализ статических и/или динамических поз, анализ антропометрических показателей [13].

<sup>4</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/forensic-gait-analysis-code-of-practice>

<sup>5</sup> Клиницист – практикующий врач, который занимается исследовательской деятельностью.

Одновременно с распространением судебно-экспертных исследований походки появляется и научная критика данного способа идентификации личности [14, 15]. Один из объектов критики – уникальность походки, часто принимаемая за аксиому. Авторы отмечают, что возможным основанием для утверждения об уникальности походки можно считать опыт ее клинических исследований, позволяющих получать в контролируемых условиях самые разнообразные данные (вплоть до значений электропотенциалов мышц). При судебно-экспертном исследовании большинство этих данных получить невозможно, а убедительные доказательства индивидуальности легкодоступных при исследовании видеозаписи до настоящего времени не представлены.

Другая проблема идентификации – отмечаемая в большинстве работ по биомеханике индивидуальная вариативность параметров походки, на которую влияют объективные и субъективные факторы. Усугубляет проблему сопоставимость точности определения количественных признаков походки по видеозаписи с диапазоном вариативности этих признаков.

Подвергаются критике также следующие факторы: независимость ряда признаков походки, эффективность различных техник инструментального анализа и наблюдения, влияние на достоверность результатов наблюдения квалификации эксперта.

Эти и другие критические замечания не являются причиной для отказа от разработки методов идентификации по походке, а служат для выявления «тонких мест» в экспертных технологиях идентификации и указывают на направления, требующие тщательной научной и методической проработки.

Зарубежный опыт свидетельствует о необходимости у экспертов знаний в области анатомии и биомеханики, навыков визуального анализа походки, важности разработки и внедрения в практику системы количественных и качественных признаков, позволяющих обеспечить единообразие исследований, воспроизводимость и повторяемость результатов.

### 3. Исследования в биомеханике

Судебно-экспертное исследование динамических признаков внешнего облика невозможно без использования обширных знаний, накопленных в других научных областях. Одной из ведущих дисциплин, пред-

метом которой выступает анализ движений человека, является биомеханика.

В клинической биомеханике особое развитие получил анализ походки, который к настоящему времени сложился в самостоятельную научную и прикладную дисциплину [16]. Для исследования походки регистрируют ее пространственные (ихнометрия), временные (подометрия), кинематические (гониометрия) и динамические (динамометрия) параметры, что позволяет получить объективную качественную и количественную информацию о функциональном состоянии опорно-двигательного аппарата человека.

В клинической биомеханике параметры походки измеряют в контролируемых лабораторных условиях с применением специального оборудования. В последнее время широкое распространение получили методы определения временных и кинематических параметров по трехмерным моделям, построенным с помощью методов захвата движения (motion capture) на основе видеозаписей [17, 18].

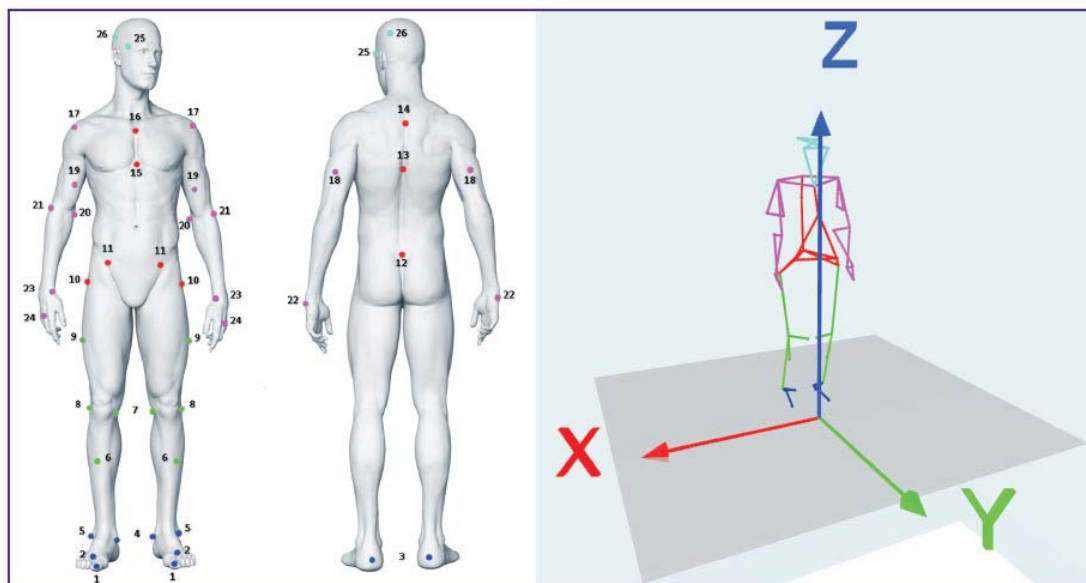
Создание специальных условий для измерений обеспечивает точность, недостижимую в условиях анализа видеозаписей, снятых произвольными камерами. Результаты анализа биометрических данных, накопленные и обобщенные исследователями, содержат крайне важные сведения о достигаемой точности измерений, нормальных и предельных значениях измеряемых параметров и их индивидуальной вариативности [19, 20].

С точки зрения судебно-экспертного исследования походки, зафиксированной видеозаписью, представляют интерес ее пространственные, временные и кинематические параметры, которые с некоторой точностью могут быть определены по произвольной видеозаписи.

#### 3.1. Временные характеристики

Ходьба представляет собой автоматизированную циклическую локомоцию. Очевидно, что для описания повторяющихся процессов удобно использовать их временные характеристики.

Основной временной характеристикой ходьбы является цикл шага – время от начала контакта ноги с опорой до следующего такого же контакта этой же ноги. Средняя длительность цикла шага составляет около 1 с. Поскольку в ходьбе участвуют две ноги, разделяют правый и левый циклы.



Положение маркеров и трехмерная модель человека, построенная программой Simi Motion (Германия)

**Рис. 1.** Расстановка контрольных точек для захвата движения и построения трехмерной модели человека [18]

**Fig. 1.** Setting of control points for motion capture and design of a three-dimensional human model [18]

Часть цикла шага шаговая нога контактирует с опорой, другую часть цикла занимает перенос ноги. Соответственно, в цикле шага выделяют период опоры и период переноса. Периоды опоры для правой и левой ног частично совмещаются, в результате чего тело опирается на обе ноги, поэтому в цикле шага также выделяют периоды двойной и одиночной опоры.

Для удобства исследования цикла шага в биомеханике выделяют семь основных стадий движения (табл. 2, рис. 1).

Семь фаз между этими стадиями, в соответствии с кинематикой и динамикой составляющих их движений, получили название фаз нагружения, подъема, падения, передачи, ускорения, продвижения и тор-

можения (рис. 2). По данным лабораторных исследований длительность фазы нагружения относительно длительности цикла шага составляет в среднем 0,10, подъема – 0,20, падения – 0,20, передачи – 0,10, ускорения – 0,15, продвижения – 0,10, торможения – 0,15 [16].

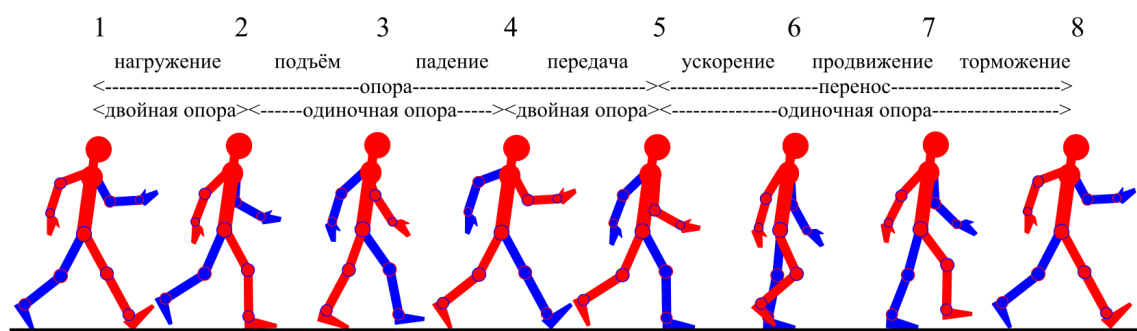
Длительность самой короткой фазы цикла составляет около 0,1 с, поэтому для уверенного выделения каждой из фаз цикла видеозапись должна быть снята с частотой не менее 20 кадров/с. Это условие выполняется для значительной части видеозаписей.

Исследование видеозаписей, выполненное при подготовке настоящей статьи, показало, что перечисленные стадии цикла шага уверенно выделяются на видеоизо-

**Таблица 2.** Стадии цикла шага

**Table 2.** Stages of the step cycle

Стадия	Действие, поза	Периоды цикла шага
1	Пятка <sup>1</sup> шаговой ноги соприкасается с опорой	Начало периода опоры шаговой ноги, начало периода двойной опоры
2	Противоположная нога уходит с опоры	Начало периода одиночной опоры
3	Пятка шаговой ноги отрывается от опоры	
4	Противоположная нога соприкасается с опорой	Начало периода двойной опоры
5	Шаговая нога уходит с опоры	Начало периода переноса шаговой ноги, начало периода одиночной опоры
6	Переносимая шаговая нога занимает положение против опорной	
7	Голень переносимой шаговой ноги принимает вертикальное положение	
8	Пятка шаговой ноги соприкасается с опорой, начало следующего цикла	Начало периода опоры шаговой ноги, начало периода двойной опоры



**Рис. 2.** Основные фазы движения и периоды цикла шага  
**Fig. 2.** The main phases of movement and the periods of the step cycle

бражениях, полученных при различных условиях съемки (рис. 3). Ракурс, дистанция съемки и характер освещения влияют на возможность выделения стадий цикла шага существенно в меньшей степени, чем на отображение других признаков внешнего облика.

Исследование стадий цикла шага позволяет определить время каждой из них относительно начала цикла шага и длительность различных фаз и периодов. Сравнение циклов шага разных лиц показывает значимую разницу между ними как по длительности цикла в целом, так и по относительной длительности его отдельных фаз и периодов (рис. 4).

При достаточной длительности фрагмента записи, фиксирующего ходьбу, появляется возможность определить временные характеристики в нескольких циклах правого и левого шага и получить их средние значения, что позволяет оценить индивидуальную вариативность цикла шага в заданных условиях ходьбы.

Поскольку при криминалистическом исследовании видеозаписи походки решаются задачи, отличные от задач биомеханики, целесообразно использовать в исследовании и иные стадии движения, которые мало информативны в биомеханическом смысле, однако хорошо выделяются на видеозаписях и позволяют разделить цикл шага на



**Рис. 3.** Кадры видеозаписей, фиксирующие разные фазы цикла шага  
**Fig. 3.** Video footage recording different phases of the step cycle

Время, с	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,08	1,12
№ кадра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
стадии цикла	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
№ кадра	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
стадии цикла	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

**Рис. 4.** Циклограммы цикла шага двух фигурантов  
**Fig. 4.** Cyclograms of the step cycle of two persons in question

другое количество фаз. Например, в стадии подъема хорошо выделяются фаза постановки шаговой ноги на всю стопу и фаза, в которой распрямленная шаговая нога находится в вертикальном положении.

Помимо длительности цикла шага, в качестве общей временной характеристики походки может использоваться и частота шага, равная числу одиночных шагов за минуту. Одиночный шаг определяется как часть цикла шага от контакта с опорой одной стопы до контакта с опорой второй стопы (от первой до четвертой фазы).

Таким образом, временные характеристики цикла шага могут быть определены по видеозаписям относительно низкого качества и использованы как количественные признаки походки.

### 3.2. Пространственные характеристики шага

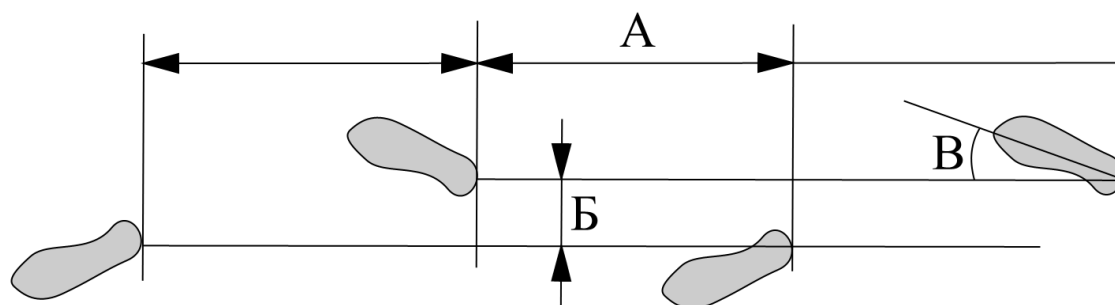
Пространственные характеристики – длина правого и левого шагов, база шага и

углы разворота стоп (рис. 5) – применяются в биомеханике для анализа походки, однако их исследование не является чем-то новым и для криминалистики.

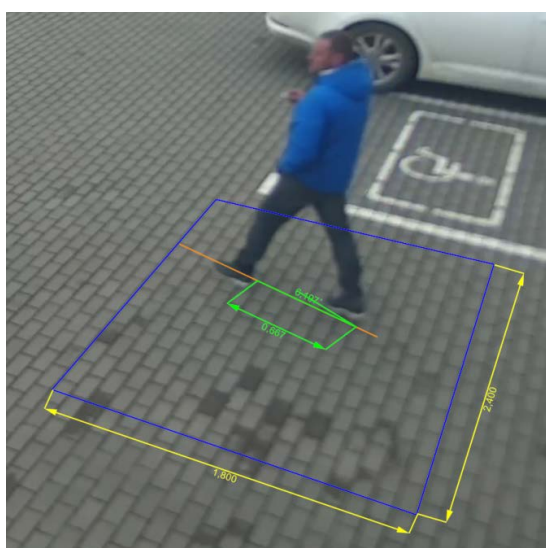
Если в биомеханике и традиционной криминалистике пространственные характеристики шага определяют по дорожке следов, то при исследовании походки по видеозаписям возможно определение фигуранта по положению его стоп в различных кадрах методами фотограмметрии.

Необходимыми условиями для определения пространственных характеристик шага являются ракурс съемки, позволяющий наблюдать расположение стоп на опоре, и наличие в поле зрения камеры предмета известных размеров, выступающего в качестве масштаба. При соблюдении этих условий определение расстояний и углов не составляет труда (рис. 6).

Следует отметить, что длина шага, хотя и связана с ростом человека, не является его индивидуальной характеристикой и, кроме



**Рис. 5.** Дорожка следов и ее характеристики  
**Fig. 5.** The track of footprints and its features



**Рис. 6.** Результаты перспективных построений в программе ДТП-эксперт: на изображении отмечены длина шага левой ноги и угол разворота правой стопы  
**Fig. 6.** The results of the perspective design in the program DTP-Expert: the image shows the length of the step of the left foot and the angle of rotation of the right foot

того, может существенно меняться под влиянием различных факторов. Угол разворота стоп и база шага считаются более устойчивыми характеристиками и, что не менее важно, достаточно обширные статистические данные позволяют оценить частоту встречаемости того или иного их значения.

### 3.3. Кинематические характеристики движений в суставах

В биомеханике большое внимание уделяется сгибательным и разгибательным движениям в голеностопном, коленном и тазобедренном суставах в сагиттальной плоскости. Результаты исследований представляются в виде гониограмм, показывающих изменения углов на протяжении цикла шага (рис. 7).

В клинических исследованиях кинематики ходьбы для измерения углов применяются гониометры различных конструкций, однако в последнее время для этих целей широко используется измерение углов по видеозаписям.

При анализе произвольных видеозаписей возможность получения данных для построения гониограмм зависит от ракурса съемки. В случае, когда оптическая ось камеры перпендикулярна сагиттальной плоскости тела,

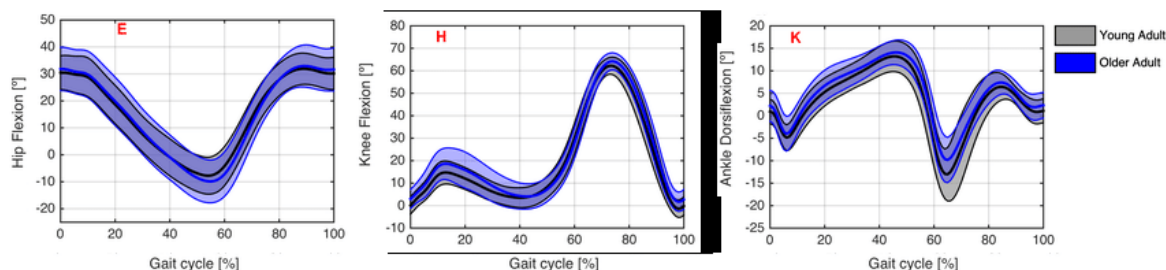
построение относительно точной гониограммы коленного сустава не представляет значительных проблем даже по видеоизображению, имеющим низкое качество (рис. 8).

Помимо гониограмм суставов ног, для идентификации личности по видеоизображению имеют значение и гониограммы суставов рук [10].

В практике криминалистического исследования выполнение таких измерений может составлять определенные трудности, вызванные перспективными искажениями изображений, снятых с произвольных ракурсов. Однако даже в этом случае остается возможность исследовать расположение критических точек гониограмм на шкале времени.

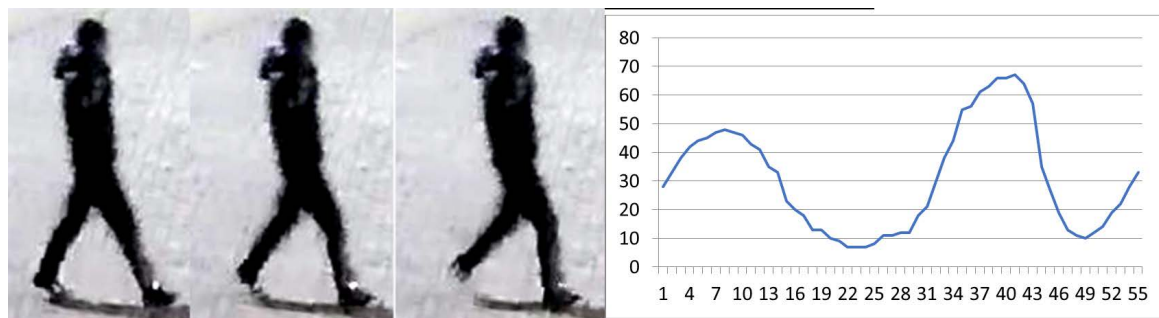
### 3.4. Иные характеристики походки

Ходьба не ограничивается локомоцией за счет циклической двигательной активности нижних конечностей, в ней задействован весь опорно-двигательный аппарат человека. Для снижения энергозатрат на перемещение и поддержания равновесия осуществляется согласованное движение различных частей тела. Так, центр тяжести тела перемещается в сагиттальной плоскости по синусоиде, максимумы которой при-



**Рис. 7.** Гониограммы тазобедренного (слева), коленного (в центре) и голеностопного (справа) суставов, полученные в условиях комфортного темпа ходьбы для групп молодых и пожилых испытуемых [20]

**Fig. 7.** Goniogram of hip, knee and ankle joints obtained during comfortable walking pace for groups of young and elderly subjects [20]



**Рис. 8.** Изображения фигуранта в кадрах видеозаписи и гониограмма коленного сустава, полученная на их основе

**Fig. 8.** Images of the person in question in the video footage and a goniogram of the knee joint obtained on their basis

ходятся на период одиночной, а минимумы – на период двойной опоры. Амплитуда синусоиды в норме невелика, и при рассмотрении видеозаписи ходьбы «среднестатистического» фигуранта вертикальные колебания его корпуса крайне сложно заметить. Однако, если выделить и сложить контуры фигуры в разных кадрах, фиксирующих несколько циклов шага, можно оценить величину и симметрию таких колебаний для правого и левого шага (рис. 9).

Внимательное изучение биомеханики ходьбы позволяет выделить и охарактеризовать (количественно и качественно) другие движения частей тела, которые наблюдаются в определенных или произвольных условиях. Большинство из таких характеристик выступает в качестве групповых или индивидуальных динамических признаков внешнего облика.

#### 4. Автоматические системы биометрической идентификации

Рост производительности компьютеров и повсеместное внедрение цифровых систем видеонаблюдения дали мощный импульс развитию видеоаналитики, с помощью которой решаются прикладные задачи, в том числе в сфере общественной безопасности, где широко используются различные способы биометрической идентификации. Одним из способов биометрии является идентификация человека по походке. Для решения этой задачи применяют основные и вспомогательные алгоритмы, позволяющие выделить фигуру человека из окружающего фона, определить и сравнить с базой данных некоторые параметры, описывающие движение.

Для вычисления параметров движения человек представляется в виде той или

иной модели. Выбранная модель определяет набор параметров движения, которые можно установить с достаточной для решения задачи точностью. Выбор модели диктуется различными факторами, из которых наибольшее значение имеют качество видеоизображения, необходимое для эффективного применения модели, а также производительность вычислительной системы, которая требуется для обсчета модели и сравнения в режиме реального времени.

В целом все модели человека подразделяют на два типа: структурные и бесструктурные [21].

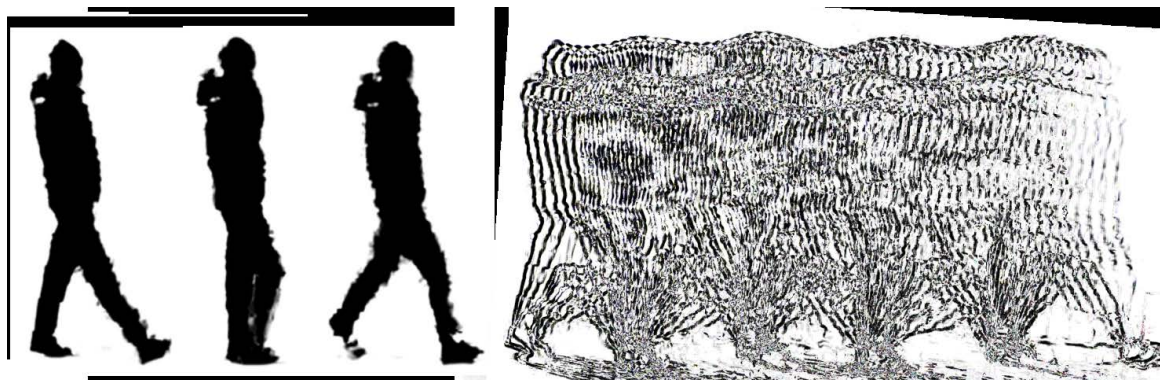
В структурной учитываются особенности строения тела человека, которые описываются определенным набором связанных друг с другом примитивов. Одними из самых подробных являются скелетные модели, аналогичные используемым в биомеханике и включающие все основные суставы (рис. 10).

При необходимом качестве изображения современные алгоритмы построения структурных моделей позволяют получать представительные результаты по видеозаписям, снятым с самых различных ракурсов [22, 23].

Для анализа видеозаписей такие модели часто являются слишком сложными, в связи с чем предпочтение отдается более простым структурным моделям (рис. 11).

Достоинством структурных моделей является то, что работа с ними позволяет с точностью определять параметры походки, используемые в биомеханике, а недостатком – сложность их корректного построения по низкокачественным изображениям.

В отличие от структурных моделей, бесструктурные не учитывают анатомических особенностей человека и используют вы-



**Рис. 9.** Бинарные маски фигуры в трех разных фазах движения и результат сложения контуров фигур за два цикла правого шага

**Fig. 9.** Binary masks of the figure in three different movement phases and the result of imposing the contours of the figures in two cycles of the right step

деленную из фона фигуру, исследуемую далее, как некоторое абстрактное пятно, циклически меняющее форму. Система признаков фигуры строится на характере изменений пятна фигуры в течение цикла шага [21, 22]. Например, широко используется энергетический образ походки (Gait Energy Image, GEI), который получается путем усреднения бинарных масок по одному циклу шага (рис. 12). Помимо энергетического образа походки, могут использоваться и такие характеристики, как энтропийный образ (Gait Entropy Image, GEI) и другие.

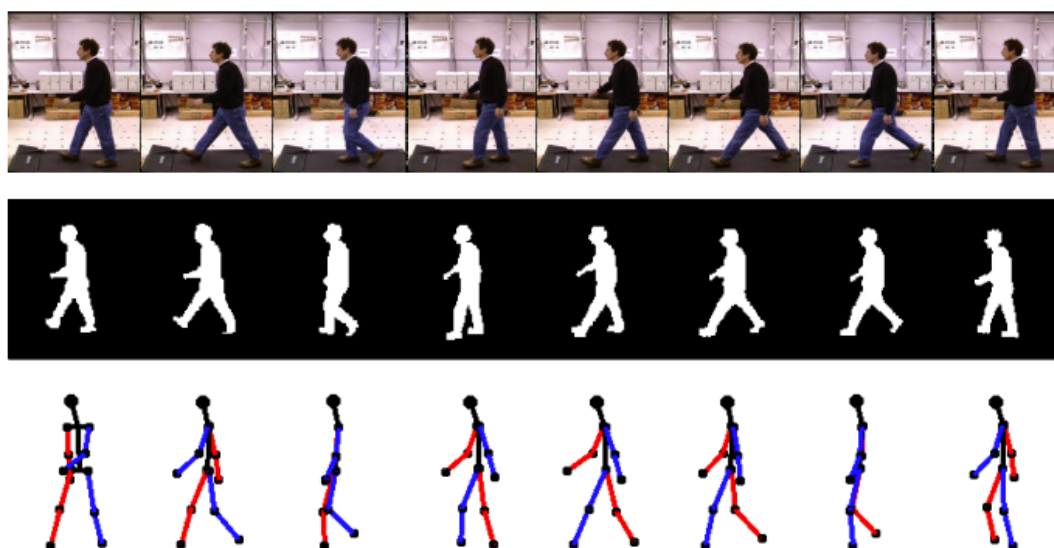
Этим параметры моделей не ограничиваются, их количество может варьироваться в зависимости от технических характеристик системы распознавания.

После получения параметров модели специальные алгоритмы сравнения принимают решение о тождестве или его отсутствии. Эффективность сравнения – один из ключевых параметров системы распозна-

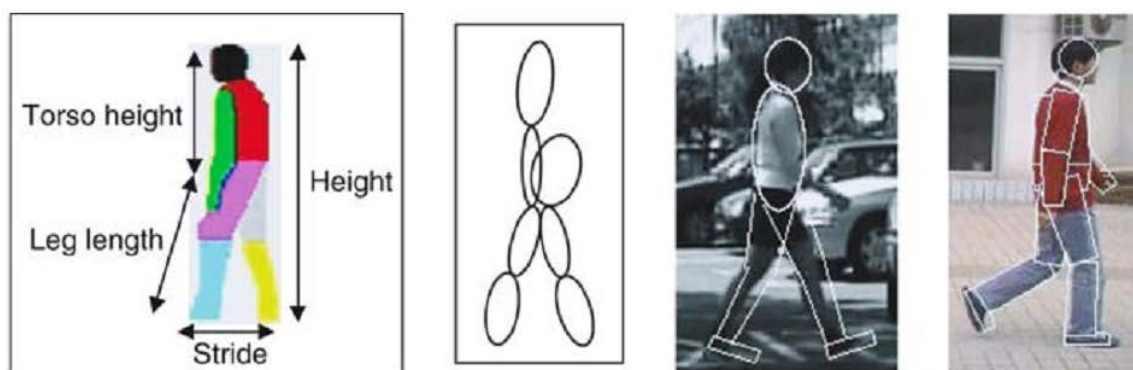
вания. Обзоры и описания основных алгоритмов, используемых в системах распознавания приведены как в зарубежных, так и в отечественных публикациях<sup>6</sup> [24, 25].

С точки зрения криминалистической идентификации, сравнение различных параметров структурных или бесструктурных моделей для идентификации по походке является аналогом сравнения статистики спектральных признаков, используемого в методике «Диалект» для идентификации по голосу и звучащей речи. Очевидно, что для полноценного использования параметров моделей, построенных по исследуемым видеозаписям, в качестве идентификационных признаков, необходимо использовать соответствующие программные инструменты.

<sup>6</sup> Попов Н.Ф., Линьков А.Н., Кураченкова Н.Б., Байчаров Н.В. Идентификация лиц по фонограммам русской речи на автоматизированной системе «Диалект». Пособие для экспертов / Под ред. А.В. Фесенко. М.: Войсковая часть 34435, 1996.



**Рис. 10.** Кадры видеозаписи, силуэт и построенная по нему структурная модель [22]  
**Fig. 10.** Video footage, silhouette and structural model designed on it [22]



**Рис. 11.** Структурные модели, используемые для анализа походки [22]  
**Fig. 11.** Structural models used to analyze gait [22]



**Рис. 12.** Бинарные маски фигуры в трех разных фазах движения и энергетический образ походки, полученный усреднением бинарных масок из 28 кадров, фиксирующих цикл шага

**Fig. 12.** Binary masks of a figure in three different movement phases and an energetic gait image obtained by averaging binary masks from 28 frames fixing the step cycle

### Выводы

Обзор основных положений биомеханики и биометрии, анализ отечественного и зарубежного опыта показал, что теория и практика судебно-экспертной идентификации личности по походке имеет большой потенциал. Необходимо дальнейшее совершенствование данного направления, использование зарубежных разработок и алгоритмов биометрической идентификации.

Экспертная идентификация личности по внешнему облику, запечатленному видеозаписями, невозможна без разработки системы качественных и количественных признаков внешнего облика, которая должна включать:

- общефизические и морфологические признаки внешности;
- общие и частные качественные признаки поз и походки, для выявления которых возможно использование метода визуального анализа;

– количественные (пространственные, временные и кинематические) признаки походки.

По мере разработки программных средств исследования видеозаписей походки, этот перечень необходимо дополнить количественными синтетическими признаками, не связанными напрямую с биомеханикой походки, но характеризующими индивидуальные особенности моделей, используемых для исследования.

Поскольку применяемые средства, методы и системы признаков значительно отличаются от тех, которыми привыкли оперировать эксперты, занимающиеся традиционной портретной идентификацией, теоретическое развитие и практическое применение технологий экспертной идентификации по походке в текущих условиях требует наличия не только организационного и технического обеспечения, но и специалистов, способных приобретать новые компетенции и вести активную научно-исследовательскую работу.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов В.Л. Особенности производства портретных экспертиз по низкокачественным видеоизображениям // Юридическая наука и правоохранительная практика. 2015. № 4 (34). С. 156–162.
2. Курин А.А., Рыжков И.В. Идентификация личности по функциональным признакам при исследовании видеозаписей: проблемы и пути решения // Судебная экспертиза. 2019. № 4 (60). С. 95–105. <https://doi.org/10.25724/VAMVD.KFGH>
3. Бондаренко П.В., Гусев В.Б. Методы сравнительного исследования при проведении

### REFERENCES

1. Popov V.L. Characteristics of Conducting Portrait Expertise of Low Quality Videos. *Legal Science and Law Enforcement Practice*. 2015. No. 4 (34). P. 156–162. (In Russ.).
2. Kurin A.A., Ryzhkov I.V. Identification of an Unidentified Person by Functional Characteristics in the Study of Video Recordings: Problems and Solutions. *Forensic Expertise*. 2019. No. 4 (60). P. 95–105. (In Russ.). <https://doi.org/10.25724/VAMVD.KFGH>
3. Bondarenko P.V., Gusev V.B. Comparative Methods Using for an Identification on CCTV

- портретных экспертиз по изображениям, полученным с помощью камер видеонаблюдения // Энциклопедия судебной экспертизы. 2017. № 2 (13). С. 44–49.
4. Майорова О.В., Каримова И.А. Проблемы использования видеоизображений лиц, полученных с камер видеонаблюдения, в ходе расследования и раскрытия преступлений // Энциклопедия судебной экспертизы. 2019. № 4 (23). С. 63–71.
5. Булгаков В.Г. Перспективы криминалистического исследования жестикуляции, мимики и артикуляции человека по материалам видеозаписи // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 5: Юриспруденция. 2005. № 7. С. 120–123.
6. Булгаков В.Г. Возможности использования информации о динамических признаках человека в раскрытии и расследовании преступлений // Вестник Владимирского юридического института. 2010. № 1 (14). С. 64–68.
7. Подволоцкий И.Н. Тенденции развития судебной портретной экспертизы // Теория и практика судебной экспертизы. 2020. Т. 15. № 2. С. 46–55.  
<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2020-2-46-55>
8. Скобелев В. МВД при помощи камер начнет искать преступников по татуировкам и походке / РБК. 24 февраля 2020 г.  
[https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/24/02/2020/5e4fb5af9a7947cfd5e1e3](https://www.rbc.ru/technology_and_media/24/02/2020/5e4fb5af9a7947cfd5e1e3)
9. Виниченко И.Ф., Житников В.С., Зинин А.М., Овсянникова М.Н., Снетков В.А. Криминалистическое описание внешности человека (функциональные и сопутствующие элементы и признаки). Справочное пособие. М.: ВНИИ МВД СССР, 1988. 242 с.
10. Булгаков В.Г. Методические основы криминалистической идентификации и диагностики человека по его динамическим признакам: монография / Под ред. А.М. Зинина. М.: Юрлитинформ, 2014. 144 с.
11. Haydn K. *Forensic Gait Analysis*. Boca Raton: CRC Press, 2020. 368 p.  
<https://doi.org/10.4324/9781315374550>
12. Birch I., Nirenberg M. *Forensic Gait Analysis: Principles and Practice*. Boca Raton: CRC Press, 2020. 234 p.  
<https://doi.org/10.4324/9780429426582>
13. Булгаков В.Г., Бумагин В.В. Экспертный программный модуль для исследования динамических признаков ходьбы человека // Судебная экспертиза. 2011. № 3 (27). С. 36–46.
14. Birch I., Birch M., Rutler L., Brown S., Rodriguez Burgos L., Otten B., Wiedemeijer M. The Repeatability and Reproducibility of the Sheffield Features of Gait Tool // *Science and Justice*. 2019. Vol. 59. No. 5. P. 544–551.
15. Mastrigt N.M., Celie K., Mieremet A.L., Ruitrook A.C.C., Geradts Z. Critical Review of the Use and Scientific Basis of Forensic Gait Analysis // *Forensic Sciences Research*. 2018. Vol. 3. No. 3. P. 183–193.  
<https://doi.org/10.1080/20961790.2018.1503579>
- Images during Portrait Forensics Research. *Forensic Science Encyclopedia*. 2017. No. 2 (13). P. 44–49. (In Russ.).
4. Maiorova O.V., Karimova I.A. Problems of Using Video Images of Persons Obtained from Surveillance Cameras in the Investigation and Disclosure of Crimes. *Forensic Science Encyclopedia*. 2019. No. 4 (23). P. 63–71. (In Russ.).
5. Bulgakov V.G. Prospects of Forensic Analysis of Human Gestures, Facial Expressions and Articulation by Video Materials. *Bulletin of the Volgograd State University. Series 5: Jurisprudence*. 2005. No. 7. P. 120–123. (In Russ.).
6. Bulgakov V.G. Possibilities of Using Information about the Dynamic Features of People in the Disclosure and Investigation of Crimes. *Bulletin of Vladimir Law Institute*. 2010. No. 1 (14). P. 64–68. (In Russ.).
7. Podvolotskiy I.N. Trends in the Development of Forensic Face Recognition. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2020. Vol. 15. No. 2. P. 46–55. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2020-2-46-55>
8. Skobelev V. Ministry of the Internal Affairs Will Begin to Search for Criminals by Tattoos and Gait Using Cameras. *RBC*. February 24, 2020. (In Russ.).  
[https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/24/02/2020/5e4fb5af9a7947cfd5e1e3](https://www.rbc.ru/technology_and_media/24/02/2020/5e4fb5af9a7947cfd5e1e3)
9. Vinichenko I.F., Zhitnikov V.S., Zinin A.M., Ovsyannikova M.N., Snetkov V.A. *Forensic Description of a Person's Appearance (Functional and Associated Elements and Signs)*. Reference Book. Moscow: VNII MVD SSSR, 1988. 242 p. (In Russ.).
10. Bulgakov V.G. *Methodological Foundations of Forensic Identification and Diagnosis of a Person by His Dynamic Characteristics: Monograph* / A.M. Zinin (ed.). Moscow: YurLitinform, 2014. 144 p. (In Russ.).
11. Haydn K. *Forensic Gait Analysis*. Boca Raton: CRC Press, 2020. 368 p.  
<https://doi.org/10.4324/9781315374550>
12. Birch I., Nirenberg M. *Forensic Gait Analysis: Principles and Practice*. Boca Raton: CRC Press, 2020. 234 p.  
<https://doi.org/10.4324/9780429426582>
13. Bulgakov V.G., Bumagin V.V. Expert Software Module for the Analysis of the Dynamic Signs of a Person's Gait. *Forensic Science*. 2011. No. 3 (27). P. 36–46. (In Russ.).
14. Birch I., Birch M., Rutler L., Brown S., Rodriguez Burgos L., Otten B., Wiedemeijer M. The Repeatability and Reproducibility of the Sheffield Features of Gait Tool. *Science and Justice*. 2019. Vol. 59. No. 5. P. 544–551. (In Russ.).
15. Mastrigt N.M., Celie K., Mieremet A.L., Ruitrook A.C.C., Geradts Z. Critical Review of the Use and Scientific Basis of Forensic Gait Analysis. *Forensic Sciences Research*. 2018. Vol. 3. No. 3. P. 183–193.  
<https://doi.org/10.1080/20961790.2018.1503579>

16. *Forensic Gait Analysis: A Primer for Courts*. Edinburgh: The Royal Society, 2017. 36 p. <https://royalsociety.org/-/media/about-us/programmes/science-and-law/royal-society-forensic-gait-analysis-primer-for-courts.pdf>
17. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Анализ походки. Иваново: НПЦ Стимул. 1996. 344 с.
18. Mihradi S., Ferryanto F., Dirgantara T., Mahyuddin A.I. Development of an Optical Motion-capture System for 3D Gait Analysis. <https://doi.org/10.1109/ICICI-BME.2011.6108633>
19. Борзиков В.В., Рукина Н.Н., Воробьева О.В., Кузнецов А.Н., Белова А.Н. Видеоанализ движений человека в клинической практике (обзор) // Современные технологии в медицине. 2015. Т. 7. № 4. С. 201–210. <https://doi.org/10.17691/stm2015.7.4.26>
20. Wilken J.M., Rodriguez K.M., Brawner M., Darter B.J. Reliability and Minimal Detectable Change Values for Gait Kinematics and Kinetics in Healthy Adults // *Gait & Posture*. 2012. Vol. 35. Issue 2. P. 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.09.105>
21. Fukuchi C.A., Fukuchi R.K., Duarte M. A Public Dataset of Overground and Treadmill Walking Kinematics and Kinetics in Healthy Individuals // *PeerJ*. 2018. Vol. 6. e4640. <https://doi.org/10.7717/peerj.4640>
22. Choi S., Kim J., Kim W., Kim Ch. Skeleton-Based Gait Recognition via Robust Frame-Level Matching // *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. 2019. Vol. 14. No. 10. P. 2577–2592. <https://doi.org/10.1109/TIFS.2019.2901823>
23. Perera A.G., Law Y.W., Chahl J. Human Pose and Path Estimation from Aerial Video Using Dynamic Classifier Selection // *Cognitive Computation*. 2018. Vol. 10. P. 1019–1041. <https://doi.org/10.1007/s12559-018-9577-6>
24. Соколова А.И., Конушин А.С. Методы идентификации человека по походке в видео // Труды Института системного программирования РАН. 2019. Т. 31. № 1. С. 69–82. [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31\(1\)-5](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31(1)-5)
25. Zhang R., Vogler C., Metaxas D. Human Gait Recognition // *Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2004. 8 p. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2004.87>
16. *Forensic Gait Analysis: A Primer for Courts*. Edinburgh: The Royal Society, 2017. 36 p. <https://royalsociety.org/-/media/about-us/programmes/science-and-law/royal-society-forensic-gait-analysis-primer-for-courts.pdf>
17. Skvortsov D.V. *Clinical Analysis of Movement. Gait Analysis*. Ivanovo: NPTs Stimul. 1996. 344 p. (In Russ.).
18. Mihradi S., Ferryanto F., Dirgantara T., Mahyuddin A.I. *Development of an Optical Motion-capture System for 3D Gait Analysis*. <https://doi.org/10.1109/ICICI-BME.2011.6108633>
19. Borzikov V.V., Rukina N.N., Vorobyova O.V., Kuznetsov A.N., Belova A.N. Human Motion Video Analysis in Clinical Practice (Review). *Modern Technologies in Medicine*. 2015. Vol. 7. No. 4. P. 201–210. (In Russ.). <https://doi.org/10.17691/stm2015.7.4.26>
20. Wilken J.M., Rodriguez K.M., Brawner M., Darter B.J. Reliability and Minimal Detectable Change Values for Gait Kinematics and Kinetics in Healthy Adults. *Gait & Posture*. 2012. Vol. 35. Issue 2. P. 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.09.105>
21. Fukuchi C.A., Fukuchi R.K., Duarte M. A Public Dataset of Overground and Treadmill Walking Kinematics and Kinetics in Healthy Individuals. *PeerJ*. 2018. Vol. 6. e4640. <https://doi.org/10.7717/peerj.4640>
22. Choi S., Kim J., Kim W., Kim Ch. Skeleton-Based Gait Recognition via Robust Frame-Level Matching. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. 2019. Vol. 14. No. 10. P. 2577–2592. <https://doi.org/10.1109/TIFS.2019.2901823>
23. Perera A.G., Law Y.W., Chahl J. Human Pose and Path Estimation from Aerial Video Using Dynamic Classifier Selection. *Cognitive Computation*. 2018. Vol. 10. P. 1019–1041. <https://doi.org/10.1007/s12559-018-9577-6>
24. Sokolova A.I., Konushin A.S. Methods of Gait Recognition in Video. *Proceedings of ISP RAS* 2019. Vol. 31. No. 1. P. 69–82. (In Russ.). [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31\(1\)-5](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31(1)-5)
25. Zhang R., Vogler C., Metaxas D. Human Gait Recognition. *Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2004. 8 p. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2004.87>

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Петров Сергей Михайлович** – заведующий отделом криминалистических экспертиз Калининградской лаборатории судебной экспертизы Министерства юстиции Российской Федерации; e-mail: pruss@mail.ru

#### ABOUT THE AUTHOR

**Petrov Sergei Mikhailovich** – Head of the Forensic Examinations Department of Kaliningrad Laboratory of Forensic Science of the Russian Ministry of Justice; e-mail: pruss@mail.ru

Статья поступила: 03.08.2022  
После доработки: 28.08.2022  
Принята к печати: 10.09.2022

Received: August 03, 2022  
Revised: August 28, 2022  
Accepted: September 10, 2022