

## ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА СПОРТА

УДК 796.5:621.396.663

DOI 10.5930/1994-4683-2026-4-27-33

### **Исследование влияния порядка сеансов работы радиопередатчиков на время прохождения дистанции в спортивной радиопеленгации (на примере имитационной модели)**

Абрамов Алексей Валерьевич

*Ставропольский государственный педагогический институт*

#### **Аннотация**

**Цель исследования** – на основе имитационного компьютерного моделирования оценить степень влияния выбора последовательности сеансов работы радиопередатчиков на результат спортсменов с различным уровнем беговой подготовленности.

**Методы и организация исследования.** Использованы методы анализа и обобщения научно-методической литературы, педагогический эксперимент. В ходе экспериментов варьировалась нумерация РП (120 возможных перестановок для 5 РП) и скорость бега трёх модельных спортсменов (1,92; 2,32; 2,72 м·с<sup>-1</sup>). Фиксировалось время прохождения дистанции с учётом и без учёта цикличности работы передатчиков.

**Результаты исследования и выводы.** Выявлено, что при неудачном для конкретного спортсмена расписании сеансов потери времени могут достигать 10 минут и более по сравнению с оптимальной нумерацией. Показано, что оптимальная последовательность включения РП индивидуальна для каждой скорости бега. Учет возможности обнаружения РП в паузу между сеансами снижает потери, но не устраняет проблему полностью. Планирование сеансов работы РП является значимым фактором, влияющим на объективность результатов. Поскольку невозможно подобрать единую нумерацию, оптимальную для всех участников, требуется поиск компромиссных решений при планировке дистанций.

**Ключевые слова:** спортивная радиопеленгация, имитационное моделирование, сеансы работы радиопередатчиков, планирование дистанции, беговая подготовленность

**Для цитирования:** Абрамов А. В. Исследование влияния порядка сеансов работы радиопередатчиков на время прохождения дистанции в спортивной радиопеленгации (на примере имитационной модели). DOI 10.5930/1994-4683-2026-4-27-33 // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2026. № 4 (254). С. 27–33.

### **A study of the influence of radio transmitter operating sequences on distance travel time in sport radio direction finding (using a simulation model)**

Abramov Aleksey Valerevich

*Stavropol State Pedagogical Institute*

#### **Abstract**

**The purpose of the study** is to assess, on the basis of simulation modeling, the extent to which the choice of sequence of radio transmitter sessions affects the performance of athletes with different levels of running fitness.

**Research methods and organization.** Methods of analysis and summarization of scientific and methodological literature, as well as a pedagogical experiment, were used. During the experiments, the numbering of RT (120 possible permutations for 5 RT) and the running speed of three model athletes (1.92; 2.32; 2.72 m·s<sup>-1</sup>) were varied. The time to complete the distance was recorded both taking into account and disregarding the cyclicity of the transmitters' operation.

**Research results and conclusions.** It has been found that with a session schedule unfavorable for a particular athlete, time losses can reach 10 minutes or more compared to the optimal numbering. It has been shown that the optimal sequence for including RT is individual for each running speed. Considering the possibility of detecting RT during the pause between sessions reduces losses but does not completely eliminate the problem. Planning RT work sessions is a significant factor affecting the objectivity of results. Since it is impossible to select a single numbering optimal for all participants, it is necessary to search for compromise solutions when planning distances.

**Keywords:** sports radio direction finding, simulation modeling, radio transmitter operation sessions, course planning, running fitness

**For citation:** Abramov A. V. (2026), "A study of the influence of radio transmitter operating sequences on distance travel time in sport radio direction finding (using a simulation model)", *Scientific notes of P.F. Lesgaft university*, No 4 (254), pp. 27–33, DOI 10.5930/1994-4683-2026-4-27-33.

**Введение.** Обеспечение объективности итогового результата, отражающего комплексную подготовленность спортсмена (беговую, техническую, тактическую), является одной из ключевых задач при организации соревнований по спортивной радиопеленгации (СРП). Специфика классических дисциплин СРП, заключающаяся в цикличной работе радиопередатчиков (РП) – 1 минута сеанса/4 минуты паузы, – вносит дополнительный фактор, способный исказить результат: возможные потери времени на ожидание сеанса работы.

В работе А.И. Гречихина (1985 г.) рассматриваются различные подходы к планированию перегонов между РП для синхронизации времени сеанса с эффективной скоростью спортсмена: ориентация на слабых бегунов, на средний уровень или на лидеров [1]. Автор предлагает компромиссный вариант, при котором 1-2 перегона проектируются под сильнейших, а остальные – под основную массу участников. Однако такой подход возможен лишь при наличии единственного оптимального маршрута прохождения дистанции, что накладывает жесткие требования к планированию дистанций. Планировщик дистанции должен добиться, чтобы спортсмены с хорошей тактической подготовленностью преодолевали одинаковые перегоны между РП в одинаковой последовательности.

Правила соревнований регламентируют общие параметры дистанций, но оставляют пространство для варьирования местоположения и порядка включения РП. В то же время, данные о преодолении перегонов спортсменами, получаемые с помощью электронной отметки, не позволяют выделить «чистую» беговую составляющую, так как промежуточное время включает технические и тактические ошибки, ошибки в ориентировании (Зеленский К.Г., 2018 г.) и характеристики проходимости местности, и могут быть получены лишь после преодоления дистанции [2].

Таким образом, возникает противоречие: необходимость планировать дистанцию, объективно оценивающую спортсменов, сталкивается с отсутствием количественных данных о том, насколько порядок сеансов РП влияет на итоговое время в зависимости от скорости бега участника.

**Цель исследования** – на основе имитационного компьютерного моделирования оценить степень влияния выбора последовательности сеансов работы радиопередатчиков на результат спортсменов с различным уровнем беговой подготовленности.

**Методика и организация исследования.** При планировании дистанций в спортивной радиопеленгации с точки зрения обеспечения объективности результатов соревнований необходимо планировать время преодоления перегона между радиопередатчиками (РП) большинством участников таким образом, чтобы участник, обнаруживший РП в конце сеанса работы, либо в течение первой минуты после окончания сеанса достиг точки следующего РП к моменту его включения.

Был проведен ряд модельных экспериментов на специально разработанной частной имитационной модели соревновательной дистанции.

Предлагается следующий подход к изучению данной проблемы.

На имитационной компьютерной модели строится дистанция, отвечающая требованиям Правил соревнований, а также условию единственности оптимального варианта ее прохождения. Построение такой дистанции осуществляется путем размещения РП в случайных координатах с проверкой вышеприведенных условий. Все дальнейшие исследования проводятся без изменений мест расположений РП.

Необходимо ввести условие, при котором РП обнаруживается спортсменом. В самом простом случае можно допустить, что РП может быть обнаружен только во время сеанса работы, и что квалифицированный спортсмен в достаточной степени владеет навыками определения оставшегося расстояния до РП, чтобы исключить чрезвычайный «проскок» РП в паузу между сеансами.

В этом случае достаточным условием обнаружения РП является следующее: «Расстояние от месторасположения спортсмена к моменту начала сеанса работы РП до действительного месторасположения РП не должно превышать расстояния, пробегаемого данным спортсменом за сеанс работы РП» (1).

$$R_{t_0} \leq v \times 60 \quad (1)$$

Где  $R_{t_0}$  – расстояние от спортсмена до обнаруживаемого РП в момент начала сеанса его работы, м;

$v$  – скорость, с которой спортсмен движется во время сеанса работы РП.

С точки зрения моделирования необходимо получить время обнаружения РП в зависимости от длины перегона между соответствующими РП (стартом и РП).

Время, которое спортсмен может затратить на обнаружение очередного РП без учета периодичности его работы, — это частное от длины перегона и скорости спортсмена. Назовем такое время минимальным (2).

$$t_{min} = R_{ij}/v$$

Где  $t_{min}$  – минимально возможное время, затрачиваемое спортсменом на преодоление перегона между РП;

$R_{ij}$  – расстояние между  $i$ -м и  $j$ -м РП;

$v$  – скорость бега спортсмена на перегоне.

Первый по порядку РП может быть обнаружен за время, зависящее от номера этого РП, определяющего сеанс его работы. Так как предполагается, что старт осуществляется в момент начала сеанса РП1, он может быть обнаружен в интервалах 0:00:00–0:00:59, 0:05:00–0:05:59, 0:10:00–0:10:59 и так далее. Для РП2 это будут интервалы 0:01:00–0:01:59, 0:06:00–0:06:59, 0:11:00–0:11:59 и так далее. Аналогично определяются интервалы обнаружения для каждого РП.

Для следующих по порядку РП время обнаружения должно определяться с учетом времени обнаружения предыдущего РП и его номера.

При моделировании реальное время обнаружения определяется ближайшим интервалом работы, после истечения минимального времени.

Следует отметить, что время фактического обнаружения РП при моделировании определяется следующим образом: если спортсмен достигает РП до начала сеанса его работы, то время обнаружения определяется как время окончания сеанса, так как точка начала ближнего поиска – «точка атаки РП» (ТА) в силу погрешностей находится на некотором расстоянии, и РП обнаруживается в течение сеанса его работы. В работе К.Г. Зеленского (2018 г.) приведены результаты исследования динамики обнаружения РП при пятиминутном цикле работы [2]. Из результатов исследования вытекает, что РП с высокой вероятностью обнаруживается не только во время сеанса, но и в течение первой минуты после его окончания. В этом случае за время обнаружения будем принимать фактическое время, определяемое расстоянием до РП и эффективной скоростью спортсмена. Если спортсмен не успевает обнаружить РП в течение сеанса и в пределах одной минуты после его окончания, будем считать, что РП обнаруживается в момент окончания следующего сеанса. В дан-

ном случае предполагается, что спортсмен высокой квалификации определяет расстояние до РП с достаточной точностью, чтобы не допустить недохода или проскока ТА, которые могут привести к потере полного цикла работы РП, т.е. 5 минут.

С.А. Пукалова (2012 г.) приводит характеристики соревновательных дистанций в родственном виде спорта – спортивном ориентировании [3]. Для взрослых спортсменов параметрам дистанций в спортивной радиопеленгации соответствуют виды дистанций, обозначенные как «длинная» и «классика», т.е. от 6,4 до 12 км для Всероссийских соревнований. При этом средний темп для классической дистанции составляет  $6:40,0 \pm 0:20,0$  мин./км, и для длинной дистанции  $6:48,0 \pm 0:28,0$  мин./км. Что соответствует диапазону от 2,3 до  $2,6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Приведенные показатели отражают среднюю скорость бега на реальной дистанции с учетом проходимости и технических остановок для ориентирования, т.е. затраты времени на выполнение технических и тактических действий, специфичных для спортивной радиопеленгации, здесь исключены.

К.Г. Зеленский (2018 г.) приводит данные о так называемой эффективной скорости спортсмена на дистанции соревнований по спортивной радиопеленгации, учитывающей наравне с проходимость местности и временные затраты на выполнение технических и тактических действий. Для мужчин на этапе высших достижений на соревнованиях в диапазоне 3,5 МГц эта скорость составляет  $2,32 \pm 0,40 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , что соответствует диапазону от 1,92 до  $2,72 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  [2].

Таким образом, в целях настоящего исследования прием в качестве низкого темпа  $1,92 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , в качестве высокого –  $2,72 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Среднее значение составит соответственно  $2,32 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Очевидно, что результаты спортсменов на соревновательной дистанции по спортивной радиопеленгации по оптимальному варианту обнаружения РП будут зависеть от нумерации РП, которая определяет порядок сеансов их работы. Соответственно, от нумерации будет зависеть и конкретное время (сеанс), в которое спортсмен обнаруживает тот или иной РП.

Зависимость возможного результата одного и того же спортсмена от способа нумерации, а, следовательно, и от последовательности работы РП, можно проверить на следующей модели.

Для пяти РП существует 5! перестановок нумераций РП, что составляет в общей сумме 120 возможных комбинаций. Проводя модельные эксперименты для каждого варианта нумерации РП для трех спортсменов с минимальным, средним и максимальным уровнем беговой подготовленности, получим степень зависимости относительных результатов от способа нумерации РП и, соответственно, значимость планирования нумерации для получения результата, адекватного уровню подготовленности спортсмена.

Описание модели. Разработана частная имитационная модель на языке Java, которая последовательно выполняет следующие шаги:

Генерация дистанции. Случайным образом в пределах поля  $3000 \times 2000$  м (условный формат А4, масштаб 1:10000) генерируются координаты старта, финиша и 5 РП. Наложены ограничения согласно правилам и условию единственности оптимального варианта. Расстояние от старта до ближайшего РП – не менее 750 м, между РП и от РП до финиша – не менее 400 м. Эффективная длина дистанции задана в диапазоне 5000-12000 м.

Расчет расстояний. Строится треугольная матрица евклидовых расстояний между всеми объектами дистанции.

Определение "чистого" времени. Рассчитывается время преодоления дистанции (без учета цикличности работы РП) для трёх модельных спортсменов с разной скоростью бега.

Генерация нумераций. Создается массив из 120 (5!) возможных вариантов нумерации РП (порядок их включения).

Моделирование прохождения с учетом сеансов. Для каждого варианта нумерации рассчитывается реальное время прохождения. Момент обнаружения РП определяется следующим образом: спортсмен стартует в момент начала сеанса РП, первого в оптимальном порядке. Он может обнаружить РП только во время его работы или в течение первой минуты после его окончания (согласно допущениям, основанным на данных Зеленского К.Г. (2018 г.)). Если спортсмен прибывает в район РП вне этого временного окна, фиксируется ожидание до начала следующего сеанса.

Анализ результатов. Для каждого спортсмена выбираются варианты нумерации, дающие наилучший и наихудший результаты.

Характеристики модельных спортсменов. Параметры скорости выбраны на основе анализа данных по спортивному ориентированию и спортивной радиопеленгации:

«Медленный»:  $1,92 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  (нижняя граница диапазона);

«Средний»:  $2,32 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  (среднее значение);

«Быстрый»:  $2,72 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  (верхняя граница диапазона).

Исследование проводилось в два этапа: 1) в «жестких» условиях (обнаружение только во время сеанса), 2) в условиях, допускающих обнаружение в первую минуту паузы.

**Результаты исследования.** Эксперимент 1 (обнаружение РП строго в сеанс его работы). Сгенерирована дистанция эффективной длиной 5452 метра. Результаты моделирования приведены в Таблица 1.

Таблица 1 – Результаты модельного эксперимента при условии обнаружения РП строго во время сеанса его работы

V м·с <sup>-1</sup>	Чистое время	Для наилучшей нумерации			Для наихудшей нумерации		
		Порядок	Время	V <sub>ср</sub> м·с <sup>-1</sup>	Порядок	Время	V <sub>ср</sub> м·с <sup>-1</sup>
1,92	0:47:19	1-4-5-2-3	0:51:08	1,78	4-1-2-5-3	1:01:08	1,49
2,32	0:39:10	3-5-1-2-4	0:41:34	2,19	2-1-5-3-4	0:55:34	1,64
2,72	0:33:24	2-3-5-4-1	0:36:27	2,49	1-5-2-4-3	0:48:27	1,88

Анализ таблицы 1 показывает, что разница между лучшим и худшим вариантом нумерации для одного и того же спортсмена является значительной. Для «медленного» спортсмена она составляет 10 минут, для «среднего» – 14 минут, для «быстрого» – 12 минут. Оптимальные последовательности РП для спортсменов разного уровня не совпадают.

Эксперимент 2 (с учетом возможности обнаружения в паузу). Длина дистанции составила 5441 м. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты модельного эксперимента при условии обнаружения РП во время сеанса его работы и в течение первой минуты после окончания сеанса

V м·с <sup>-1</sup>	Чистое время	Для наилучшей нумерации			Для наихудшей нумерации		
		Порядок	Время	V <sub>ср</sub> м·с <sup>-1</sup>	Порядок	Время	V <sub>ср</sub> м·с <sup>-1</sup>
1,92	0:47:13	2-1-5-3-4	0:48:08	1,88	4-2-3-1-5	0:59:08	1,53
2,32	0:39:05	4-5-1-2-3	0:41:15	2,20	2-4-5-1-3	0:51:15	1,77
2,72	0:33:20	1-5-4-2-3	0:35:37	2,55	2-5-4-1-3	0:45:37	1,99

Учет возможности обнаружения в паузу сократил потери времени для среднего и быстрого спортсменов до 10 минут. Разница между лучшим и худшим вариантом для медленного спортсмена сохранилась на уровне 10 минут. То есть влияние порядка сеансов тем не менее остается существенным.

Анализ динамики обнаружения. Рассмотрение графика обнаружения РП «быстрым» спортсменом (пример из эксперимента 1) поясняет причину потерь:

При оптимальной нумерации (2-3-5-4-1): РП2 обнаруживается в конце 2-го сеанса (0:07:00), что позволяет ритмично пройти остальные РП без длительных простоев.

При худшей нумерации (1-5-2-4-3): Спортсмен не успевает к первому РП (РП1) к его второму сеансу и вынужден ждать третьего, теряя 3-4 минуты уже на старте. Этот эффект «снежного кома» распространяется на все последующие РП, так как спортсмен постоянно рассинхронизирован с расписанием работы радиопередатчиков.

Проведенное модельное исследование подтверждает гипотезу о значительном влиянии порядка сеансов работы РП на итоговый результат в спортивной радиопеленгации. Разница в 10–14 минут на дистанции длиной около 5,5 км (что составляет 20–30% от чистого времени бега) является колоссальной с точки зрения соревновательной борьбы. Такой разброс может не только повлиять на выполнение разрядных нормативов, но и исказить расстановку мест в итоговом протоколе, особенно в дисциплинах с суммированием результатов или при отборе в сборные команды.

Важно отметить, что полученные цифры носят оценочный характер, так как модель не учитывает ряд факторов реальной соревновательной деятельности:

- **техническое мастерство.** Высококвалифицированные спортсмены способны минимизировать «проскоки» мимо РП и точнее рассчитывать время прибытия, что снижает риск потери полного цикла.

- **рельеф и проходимость.** В модели использовалось евклидово расстояние. На реальной местности с пересеченным рельефом и плохой проходимостью вариативность времени на перегонах возрастает, что может как усугубить, так и сгладить эффект от ожидания.

- **тактическая гибкость.** Модель предполагает жесткое следование оптимальному маршруту. В реальности спортсмен может изменить порядок поиска («тактический вариант»), если понимает, что не успевает к сеансу, однако это почти всегда удлиняет путь.

Сравнение результатов первого и второго экспериментов показывает, что снижение маскировки РП (облегчение их визуального обнаружения в паузу) позволяет уменьшить зависимость результата от расписания сеансов РП. Спортсмен, прибывший к моменту окончания сеанса, имеет возможность продолжить поиск визуально, двигаясь по азимуту в течение минуты. Однако, как видно из таблицы 2, проблема не решается полностью.

Полученные данные развивают положения, выдвинутые А.И. Гречихиным (1985 г.). Компромиссное планирование, ориентированное на большинство участников соревнований, является насущной необходимостью. Однако вопрос о том, как именно рассчитать перегоны, чтобы минимизировать суммарные потери времени на ожидание включения РП для всей группы участников, остается открытым. Имитационное моделирование, как показало данное исследование, может стать эффективным инструментом для поиска таких компромиссов и выработки практических рекомендаций для планировщиков дистанций.

**Выводы.** Планирование нумерации и, как следствие, последовательности сеансов работы радиопередатчиков является значимым фактором, определяющим итоговое время прохождения дистанции в спортивной радиопеленгации.

Степень влияния зависит от соответствия между скоростью бега спортсмена и расписанием работы РП. Оптимальная нумерация для «медленных», «средних» и «быстрых» спортсменов не совпадает, что делает невозможным создание универсальной дистанции, одинаково справедливой для всех.

Улучшение условий видимости РП (снижение маскировки), позволяющее обнаруживать их в первую минуту после окончания сеанса, значительно сокращает потери времени, но не устраняет проблему полностью. Разница между удачной и неудачной нумерацией может достигать 10 и более минут.

Перспективным направлением дальнейших исследований является поиск компромиссных схем планирования дистанций с помощью имитационного моделирования, направленных на минимизацию среднего времени ожидания для основной массы участников.

Результаты исследования могут быть использованы для оптимального планирования соревновательных дистанций и интегральных тренировок.

**Список источников**

- 1 Гречихин А. И. Спортивная радиопеленгация в вопросах и ответах. Москва : Изд-во ДОСААФ, 1985. 176 с.
- 2 Зеленский К. Г. Соревновательная деятельность в спортивной радиопеленгации : монография. Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2018. 199 с. ISBN 978-5-9296-0974-9. EDN: YCDELX.
- 3 Пукалова С. А. Исследование уровня физической подготовленности сильнейших спортсменов-ориентировщиков в юношеском и юниорском возрасте // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2012. № 5 (87). С. 95–98. EDN: OYMPGN.

**References**

- 1 Grechikhin A. I. (1985), "Amateur radio direction finding in questions and answers", Moscow, DOSAAF, 176 p.
- 2 Zelensky K. G. (2018), "Competitive activity in amateur radio direction finding", Monograph, Stavropol, North Caucasus Federal University, 199 p., ISBN 978-5-9296-0974-9.
- 3 Pukalova S. A. (2012), "Research of physical fitness level of the strongest orienteering athletes in youthful and junior age", *Scientific notes of P.F. Lesgaft university*, No 5 (87), pp. 95–98.

**Информация об авторе:**

**Абрамов А.В.**, кафедра физического воспитания и адаптивной физической культуры, SPIN-код 2560-3035.

*Поступила в редакцию 05.03.2026.*

*Принята к публикации 31.03.2026.*