

ограничены. И эти возможности тем ниже, чем ближе конкретный древостой расположен к эдафическому оптимуму для данной лесо-

климатической зоны.

Литература

1. Беляева Н.В. Закономерности функционирования сосновых и еловых фитоценозов южной тайги на объектах комплексного ухода за лесом : дис. ...канд. с.-х. наук. СПб., 2006. 186 с.
2. Беляева Н.В. Общая производительность сосновых и еловых насаждений, пройденных комплексным уходом за лесом // Естественные и технические науки. 2005. № 3. С. 113-119.
3. Мельников Е.С. Лесоводственные основы теории и практики комплексного ухода за лесом: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук. СПб., 1999. 35 с.
4. Давыдов А.В. Рубки ухода за лесом. М.: Лесн. промышленность, 1971. 184 с.
5. Сеннов С.Н. Рубки ухода за лесом. М.: Лесн. промышленность, 1977. 160 с.
6. Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. М; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 853 с.

7. Беляева Н.В., Григорьева О.И., Гетманенко Ю.Н. Влияние рубок ухода разной интенсивности на развитие живого напочвенного покрова // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы междунар. науч.-техн. конф. Вологда, 2010. С. 14-16.

8. Беляева Н.В., Пакконен Н.А. Структура живого напочвенного покрова после добровольно-выборочных и равномерно-постепенных рубок // Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития». Брянск, 2010. Вып. 26. С. 3-9.

9. Беляева Н.В., Григорьева О.И. Структурные изменения в живом напочвенном покрове после сплошных рубок, проведенных в комплексе с механической подсушкой осины // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. СПб.: СПбГЛТА, 2010. Вып. 190. С. 15-24.

10. Сеннов С.Н. Уход за лесом (экологические основы). М.: Лесн. промышленность, 1984. 128 с.

УДК 528.3(21)

В.Г. Иванов

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ОШИБОК В НИВЕЛИРНОМ ХОДЕ

Проведено моделирование возможного накопления случайных ошибок в условном нивелирном ходе в сопоставлении с реальными накоплениями разностей d в ходах нивелирования I класса на предмет установления существенного систематического влияния.

Ключевые слова: разности d , случайные и систематические погрешности точности нивелирования.

Обязательной оценкой качества нивелирования I класса у нас в стране является подсчет накоплений разностей d [1, 2] и построение их графиков по каждой линии.

Для определения возможного накопления случайных ошибок в большом ряду наблюдений были взяты из таблиц [3] случайные числа, распределенные по нормальному закону Гаусса со среднеквадратической ошибкой (стандартом), равной единице. Из последовательно взятых 200 чисел образовали 100 раз-

ностей и получили их суммы. Таких групп из всех таблиц [3] мы смогли образовать 12.

Если рассматривать одну разность в виде погрешности на 1 км хода, то сумма всех разностей дает накопление по условной линии нивелирования протяженностью 1200 км. На рис. 1а видно, что сразу семь случайных положительных разностей дали резкое накопление, а дальше пошло монотонное уменьшение-увеличение, и к концу ряда накопления стали отрицательными.

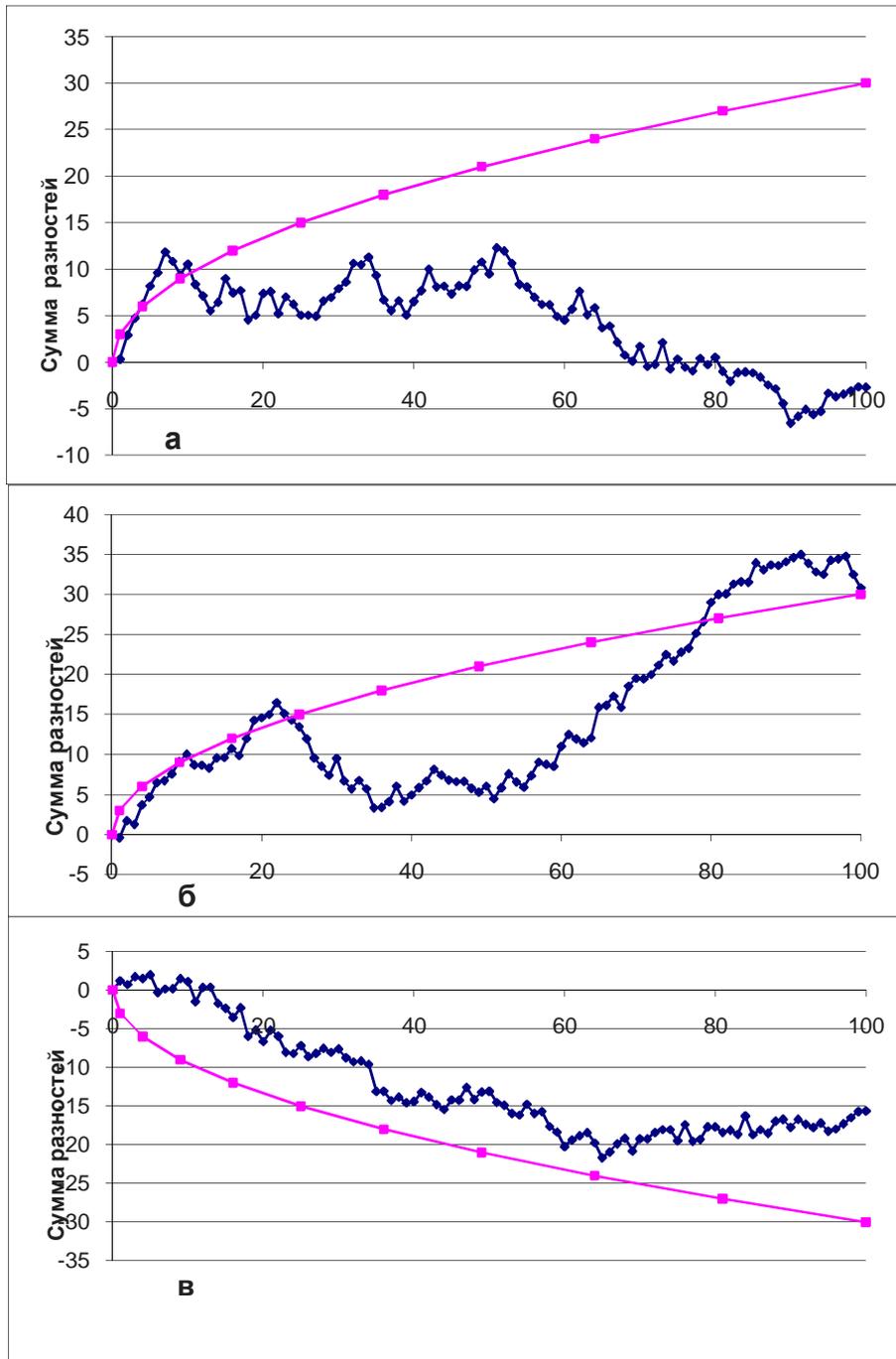


Рис. 1. Накопление разностей случайных ошибок по условной линии:
а - на участке 1; б - на участке 2; в - на участке 3.

На рис. 1б мы выбрали ряд, в котором шло преобладающее накопление положительных разностей, особенно заметных во второй половине графика. На рис. 1в – ряд, где, наоборот, преобладают отрицательные накопления. Плавными линиями показан коридор предельного накопления случайных ошибок, ограниченный величиной $\pm 3\eta\sqrt{L}$.

На рис. 1а мы видим выход кривой в самом

начале ряда за пределы возможного теоретического ограничения. По мере увеличения числа ошибок коридор стал возрастать, а накопления ошибок приблизились к линии нулевых значений. Это хорошо демонстрируется по линии Култук – Чита (см. рис. 2), где в самом первом звене $L=39$ км разности d_3 , d_4 и d_6 вышли за пределы возможного случайного накопления.

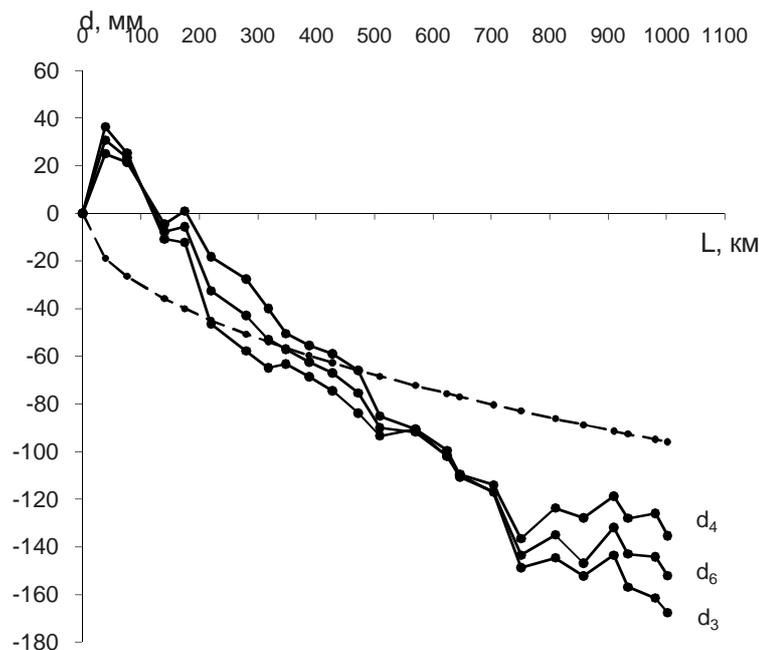
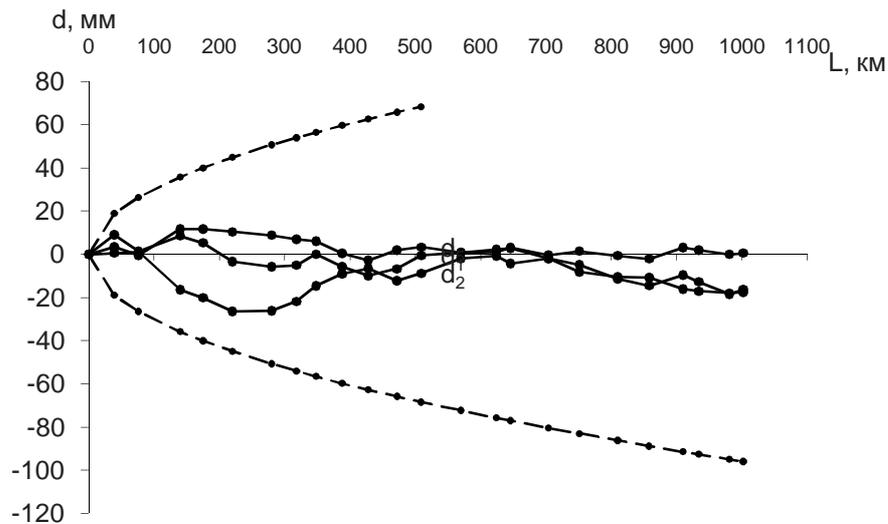


Рис. 2. Накопление разностей d по линии нивелирования I класса Култук-Чита 1989 г. $L = 1002$ км

На рис. 1б мы дважды видим незначительный выход накоплений ошибок за пределы коридора.

Это можно объяснить либо несовершенством табличных чисел, либо игрой случая. Поскольку мы не встречали в печати каких либо сомнений в корректности составления таблиц, используемых десятилетиями, то отнесем это к игре случая.

В нашей выборке из 2400 случайных чи-

сел, образовавших 1200 разностей, оказалось положительных 1219 и отрицательных 1181. Превалирование положительных чисел составило 38, или 1,6 % от всех. Общее накопление по всему ряду составило +43 условных единицы (у. е.) при возможных $\pm 3\sqrt{1200} = +103,9$ у. е.

Из этих 12 выборок можно составить множество комбинаций, но мы остановились на

одной, руководствуясь только последовательностью взятия чисел из таблиц. При всех комбинациях в конечном итоге накопления для достаточно большого ряда ошибок не должны выходить за определенный предел, иначе это будет противоречить основному свойству накопления случайных ошибок, а именно:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum \Delta}{n} \rightarrow 0 .$$

В нашем случае получим + 43 у. е. / 1200=0,036 у. е. при среднеквадратической ошибке, равной 1 у. е.

На полном графике (ввиду громоздкости график не приводится) точки кривой в основном находятся в положительной стороне, но значительно ниже границы коридора возможного случайного накопления. На рис. 3 показан только фрагмент полного графика, составленный по первым трем участкам.

Это объяснимо законом арксинуса или блужданием Бернулли. Он имеет парадоксальное следствие: в симметричном Бернулли блуждании «волны» между последовательными возвращениями в нуль оказываются поразительно длинными. Математически доказывается, что при 10000 шагов частица оста-

ется на положительной стороне более чем 9930 моментов времени с вероятностью $p \geq 0,1$. То есть, грубо говоря, подобное положение будет наблюдаться не реже, чем в одном случае из десяти (хотя на первый взгляд оно кажется абсурдным) [4].

Приняв случайную среднюю квадратическую ошибку на 1 км хода $\eta = 0,80$ мм/км [2] – несколько большую, чем полученную по большинству линий страны, равную 0,68 мм/км [5], теоретическое максимально возможное накопление на 1000 км с вероятностью $p=0,997$ получим

$$\Delta_{\text{пред}} = \pm 3\eta\sqrt{L} = \pm 75,9\text{мм} .$$

В реальности по многим линиям накопления разностей d , при их более или менее однообразном накоплении по всей линии, выходят за пределы коридора возможного случайного накопления. В еще большем количестве линий, при сравнительно небольших накоплениях по всему ходу, на отдельных протяженных участках (сотни км) происходят накопления с одним знаком, а на других – с противоположным.

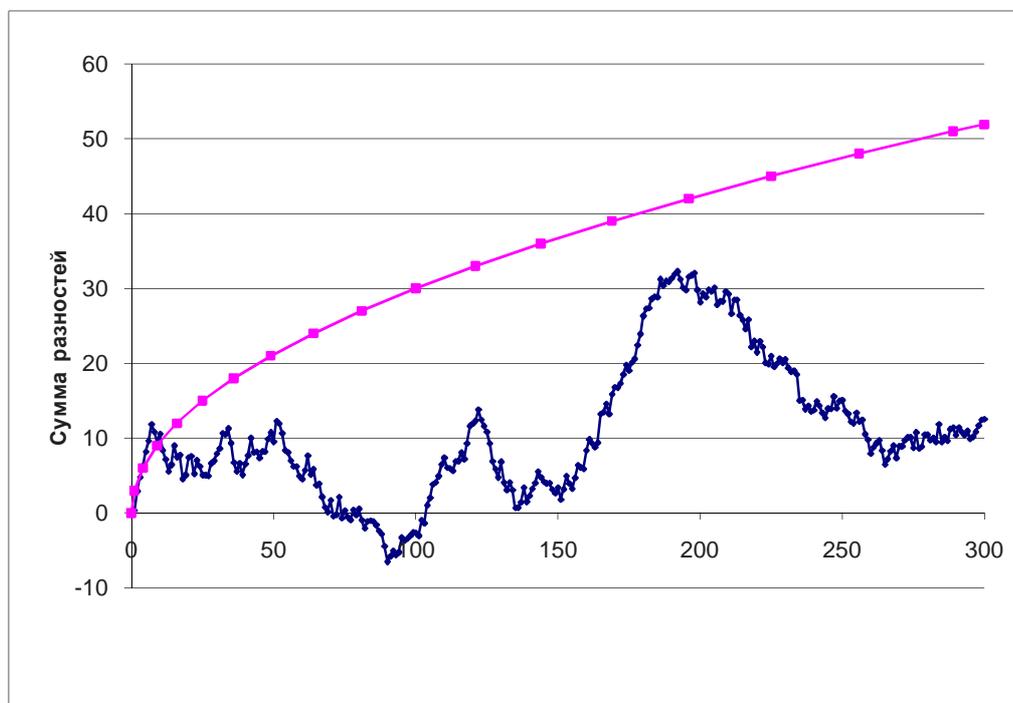


Рис. 3 Накопление разностей случайных ошибок по условной линии на участках 1 - 3

Деление линии на участки с однообразным накоплением разностей d субъективно. В инструкции по вычислению нивелировок [2] на рис. 15 приведен график, где накопления d_1 , d_2 и d_5 по условной линии Ивановка – Воробьевка разбиты на четыре участка, а накопления d_3 , d_4 и d_6 – на три.

З.С. Хаимов в своей статье [6] эти же накопления d_1 , d_2 и d_5 разбивает на шесть участков, а d_3 , d_4 и d_6 – на семь и получает существенно различные σ от вычисленных в инструкции [2].

В другой работе П.В. Павлив [7] приводит примеры субъективного подхода к выбору длины участков с однообразным накоплением и получает различные σ для одной и той же линии.

Согласимся с автором [6], что систематические ошибки σ , вычисленные по предлагаемым формулам инструкции [2] или по каким либо другим, никакой ценности не представляют, но оговоримся – только в том случае, когда накопления на отдельных участках или по всей линии не выходят за пределы коридора $\pm 3\eta\sqrt{L}$.

В случае явного выхода за пределы коридора, как, например, по линиям Курган – Новосибирск (1960-1962 гг.), Чокурдах – Оймякон (1981-1983 гг.), Култук – Чита (1989 г.), Татаурово – Новый Уоян (1999-2001 гг.) и многим другим можно уверенно говорить о существенной систематической ошибке и подвергнуть данную линию тщательному анализу, в том числе оценив работу исполнителей.

В случае, когда по какой-либо линии, как Татаурово – Новый Уоян, по разностям d на первой половине ее шло интенсивное накопление отрицательных d_4 , а потом – положительных, и анализ показал выход за пределы коридора возможного случайного накопления, – необходимо выявление причин накоплений систематических ошибок противоположных знаков.

Литература

1. Инструкция по вычислению нивелировок. М.: Недра, 1971. 108 с.
2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М.: ЦНИИГАиК, 2004. 226 с.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983. 416 с.
4. Математический энциклопедический словарь /сост. К.С. Виденский М.: Сов. энциклопедия, 1988. 847с.
5. Иванов В.Г. Погрешности нивелирования I класса высотной основы России // Сб. материалов науч. конгресса ГЕО-Сибирь - 2005. Новосибирск: СГГА, 2005. Т.1. С. 42-48.
6. Хаимов З.С. Закон арксинуса и оценка точности высокоточного нивелирования // Геодезия и картография. 1999. № 10. С. 7-14.
7. Павлив П.В. К методике определения систематических погрешностей нивелирования I и II классов // Геодезия и картография. 1979. № 4. С. 19-20.

УДК 669.713

А.Н. Баранов, Л.В. Гавриленко, А.В. Моренко, А.А. Блашков, С.И. Пентюхин*

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ КАЛЬЦИЯ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ФТОРА ИЗ РАСТВОРОВ ГАЗООЧИСТКИ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

В статье рассмотрены проблемы регенерации и очистки от соединений серы растворов газоочистки электролизеров для получения алюминия. Рассмотрена возможность использования соединений кальция в целях регенерации и очистки от серы газоочистных растворов, сделан расчет термодинамической вероятности протекания реакций по методу Темкина-Шварцмана. Показана необходимость изучения кинетики протекания реакций.

Ключевые слова: сера, газоочистка, термодинамика, регенерация газоочистных растворов, соединения кальция.