

### **3.2. Телеметрические периоды**

Наиболее полное представление о качестве телеметрических данных дает анализ периодов<sup>1</sup> следования импульсов в каждом из телеметрических каналов радиозонда. В случае наличия брака данных часто только он позволяет определить, что явилось источником проблем – радиозонд или приемная система.

На рисунках 3.2-1 и 3.2-2 представлены<sup>2</sup> (программа APMView, вкладка TLM и программа APXIB-АП, вкладка TD соответственно) диаграммы с графиками временного хода средних за канал периодов следования импульсов в телеметрических каналах радиозондов типа МРЗ-3А. На рисунке 3.2-3 представлена (программа APMView, вкладка TLM) аналогичная диаграмма<sup>3</sup> для радиозондов типа РФ95.

Опорная частота (для РФ95 – в обоих опорных каналах) должна изменяться плавно, без скачков и выбросов и в небольших пределах в течение выпуска, ее стабильность и отсутствие пропусков свидетельствуют о нормальной работе измерительного преобразователя радиозонда и надежности приема телеметрической информации (см. рисунок 3.2-4). Если имеются небольшие скачки в ходе кривых периодов телеметрии в опорных каналах, такие же скачки должны наблюдаться и во всех других каналах (сравните рисунки 3.2-5 и 3.2-6).

Основными факторами, влияющими на изменение опорной частоты во время полета, являются изменения температуры внутри радиозонда и питающего напряжения. Как правило, значительные изменения опорной частоты, не коррелирующие с изменениями окружающей температуры, свидетельствуют о нарушениях в работе блока питания радиозонда, чаще всего вызванные использованием некачественных батарей.

На рисунках 3.2-7-3.2-9 приведены примеры случаев значительного ухода опорной частоты в полете, причина которого идентифицируется как нестабильное питание. В выпусках на рисунках 3.2-7 и 3.2-9 нестабильность и уход опорных частот проявляется в течение всего выпуска, в выпуске на рисунке 3.2-8 – в самом его конце.

Периоды температуры и влажности характеризуются значительно большей изменчивостью по сравнению с опорным каналам, однако должны отсутствовать пропуски и разброс значений.

Поскольку сопротивление термисторов ММТ-1, являющихся чувствительным элементом датчика температуры радиозондов типа МРЗ-3А, резко возрастает с уменьшением температуры, температурный канал имеет самый большой диапазон изменения частот. Данные периодов температуры в обоих каналах радиозонда типа МРЗ-3А должны согласовываться между собой. На рисунке 3.2-10 показан один из типичных в свое время (~ 2003 – 2004 гг.) случаев дефекта преобразователя сопротивление-частота радиозонда МРЗ-3А, приведшего к искажению периода

<sup>1</sup> Иногда говорят о телеметрических частотах - в сущности, это одно и то же.

<sup>2</sup> В данном разделе везде, где не оговорено особо, приведены координатно-телеметрические данные АРМ Аэролога и радиозонда МРЗ-3А.

<sup>3</sup> У радиозонда РФ95 телеметрический цикл имеет по одному каналу для температуры и влажности (Тt и Tu) и два опорных канала (ТК1 и ТК2).

следования метеоимпульсов в первом канале температуры и, соответственно, браку температуры. Подобные дефекты очень сложно обнаружить без регистрации телеметрических частот, если только не наблюдать неотрывно за изменениями текущих значений во время выпуска.

При пробных выпусках АВК – АРМ Аэролога образцов радиозонда АК2 модификации «О», у которого датчик температуры имеет более крутую зависимость сопротивления от температуры, чем у ММТ-1, было выявлено ограничение по верхнему пределу периода следования импульсов в устройстве сопряжения УС96 – регистрация периодов прекращалась при достижении ими значения 56 мс (рисунок 3.2-11).

На рисунке 3.2-12 приведен пример телеметрических данных выпуска радиозонда РФ95, в котором до окончания выпуска исчезли данные температуры. Анализ подобных данных показал, что в этих случаях период следования импульсов в канале температуры становится близким к периоду следования импульсов в одном из опорных каналов, что происходит в случае разрыва измерительной цепи, в которую включен датчик температуры. Это позволило производителю выявить причину отказов – механическое повреждение токопроводящей дорожки кронштейна датчиков РФ95 и практически устранить подобные отказы, изменив транспортную упаковку и конструкцию крепления кронштейна в полетном положении.

Подобные проблемы возникают (в некоторых партиях радиозондов – сравнительно часто) и у пленочных датчиков влажности радиозондов МРЗ-3А – когда перо стрелки, перемещение которого связано с прогибом мембраны из животной пленки, отходит от контактной обмотки реостата и разрывается измерительная цепь, в которую включен датчик влажности. В этом случае прерывается генерация метеоимпульсов в канале влажности. Иногда, как в выпуске, показанном на рисунке 3.2-13, контакт восстанавливается, однако надежность полученных после пропуска данных влажности находится под сомнением.

Еще более детальная и наглядная информация для анализа телеметрических данных радиозондов типа МРЗ-3 доступна в системе радиозондирования АВК-1 – АРМ Аэролога в виде средних за 1 с периодов следования импульсов в телеметрических каналах радиозонда. На рисунке 3.2-14 представлена диаграмма с графиками временного хода средних за секунду (точки) и за каналный интервал (линии) периодов следования импульсов в телеметрических каналах радиозонда. При нормальной работе радиозонда и устойчивой синхронизации УС96 секундные средние (за исключением моментов смены каналов) группируются совместно со средними периодами за каналный интервал (см. рисунок 3.2-15). С учетом возможных сбоев идентификации телеметрических каналов УС96 как вследствие сбоев работы радиозонда, так и сбоев системы регистрации, данные ежесекундных отсчетов телеметрии радиозонда представляют возможность более объективного анализа. Так, на рисунке 3.2-16 приведены данные телеметрии с сомнительными данными в районе 1200 с. Данные о ежесекундных отсчетах телеметрии для этого выпуска (рисунок 3.2-17) показывают, что в это время действительно имел место разброс телеметрических частот. На рисунке 3.2-18 приведены ежесекундные отсчеты телеметрии для выпуска, представленного на рисунке 3.2-10, которые подтверждают наличие дефекта преобразователя сопротивление-частота радиозонда, приведшего к искажению показаний

температуры. Приведенный далее рисунок 3.2-19 подтверждает отсутствие данных в канале влажности в выпуске, показанном выше на рисунке 3.2-13. Другой случай отказа радиозонда показан на рисунке 3.2-20 – после 1630 с во всех каналах передаются только температурные частоты. Показательный случай отказа в канале влажности демонстрируют рисунки 3.2-21 и 3.2-22. Анализ ежесекундных отсчетов показывает, что после 1960 с радиоблок радиозонда МРЗ-ЗА перешел в режим поочередной генерации опорной и температурной частот. Это могло произойти из-за короткого замыкания в измерительной цепи датчика влажности, связанного с прохождением через облачность (группа облачности 79500), одновременно наблюдается уменьшение периода в канале температуры, что может быть связано с шунтированием датчика температуры.

На рисунке 3.2-23 приведены средние по каналам периоды телеметрии выпуска радиозонда типа МРЗ-ЗА, в начале которого имеются пропуски. Просмотр ежесекундных отсчетов телеметрии и наличия признака «ПЕРЕПАД» (рисунок 3.2-24), соответствующего глубокому замиранию сигнала радиозонда на входе приемной системы, подтверждают адекватность пропусков. Как показывают результаты регистрации данных радиолокационного сопровождения (подробнее см. далее) радиозонда в этом выпуске (рисунок 3.2-25), при выпуске не произошло автозахвата радиозонда и в процессе поиска по азимуту оператор периодически отворачивал антенну от радиозонда (рисунок 3.2-26).

Микропроцессорное устройство УС96 не использует различия в длительности импульсов в опорном канале и в каналах температуры и влажности для идентификации телеметрических каналов радиозонда. Это имеет свои преимущества, но и свои недостатки, т.к. используемый метод синхронизации чувствителен к отклонениям от параметров, заложенных в ТУ и в некоторых случаях могут происходить сбои идентификации телеметрических каналов. Так, в 2006-2007 гг. довольно много брака в полетных данных было связано с появлением совместимых с МРЗ-ЗА радиозондов МРЗ-ЗА\* (сейчас выпускается под наименованием МРЗ-ЗАК1) и РЗМ-2.

Один из таких случаев показан на рисунках 3.2-27 и 3.2-28. Данные на рисунке 3.2-28 подтверждают, что с 1000 по 2070 с синхронизация УС96 была нарушена, а радиозонд передавал нормальную телеметрическую информацию. Одновременно, следует отметить, что в принципе по секундным отсчетам данные этого выпуска можно восстановить, т.к. АРМ Аэролога вместе с сырыми данным сохраняет и калибровочные коэффициенты.

Измерительная схема радиозонда МРЗ-ЗА устроена таким образом, что период следования импульсов в каналах температуры и влажности всегда больше, чем в опорном канале. Таким образом, график этих величин не должны пересекаться. У радиозондов же типа МРЗ-ЗА\* (МРЗ-ЗАК1, АК-2) с датчиками влажности типа Honeywell ННН-4000, выходным параметром которых является напряжение, период следования импульсов в канале влажности может быть меньше, чем в опорном канале (см. рисунок 3.2-29). При использовании таких радиозондов в системе радиозондирования АВК-1 – АРМ Аэролога возможны сбои идентификации телеметрических каналов устройством УС96, когда частота в канале влажности приближается к опорной частоте (рисунок 3.2-30).

Согласно техническим условиям период следования импульсов в опорном канале радиозондов типа МРЗ-ЗА должен находиться в пределах 1449-1785 мкс<sup>4</sup>. Выход за границы этого интервала (см. рисунок 3.2-31) может привести к сбоям в системе регистрации.

По данным о длительности интервалов времени между последовательными циклами телеметрии при выпусках можно сделать выводы о стабильности и времени телеметрического цикла переключения каналов, а для радиозондов типа МРЗ-ЗА также о поведении частоты генератора 800 кГц в течение полета. Например, в данных из выпуска, приведенного на рисунке 3.2-13, наблюдается характерный всплеск времени цикла как раз во время отсутствия данных в канале влажности в районе 1500...1700 секунд полета (см. рисунок 3.2-33). Кроме того, наличие выбросов на этой диаграмме позволяет легко обнаружить наличие пропусков в поступлении кадров телеметрии (или, на соответствующей вкладке – координат), что может быть связано с аппаратными или программными сбоями.

---

<sup>4</sup> В ранних версиях ПО «МАРЛ-А» вместо указанного был заложен более узкий диапазон 1470-1740 мкс, что приводило к отказам обработки телеметрии. Отсутствие регистрации периодов не позволило своевременно выявить этот недостаток.

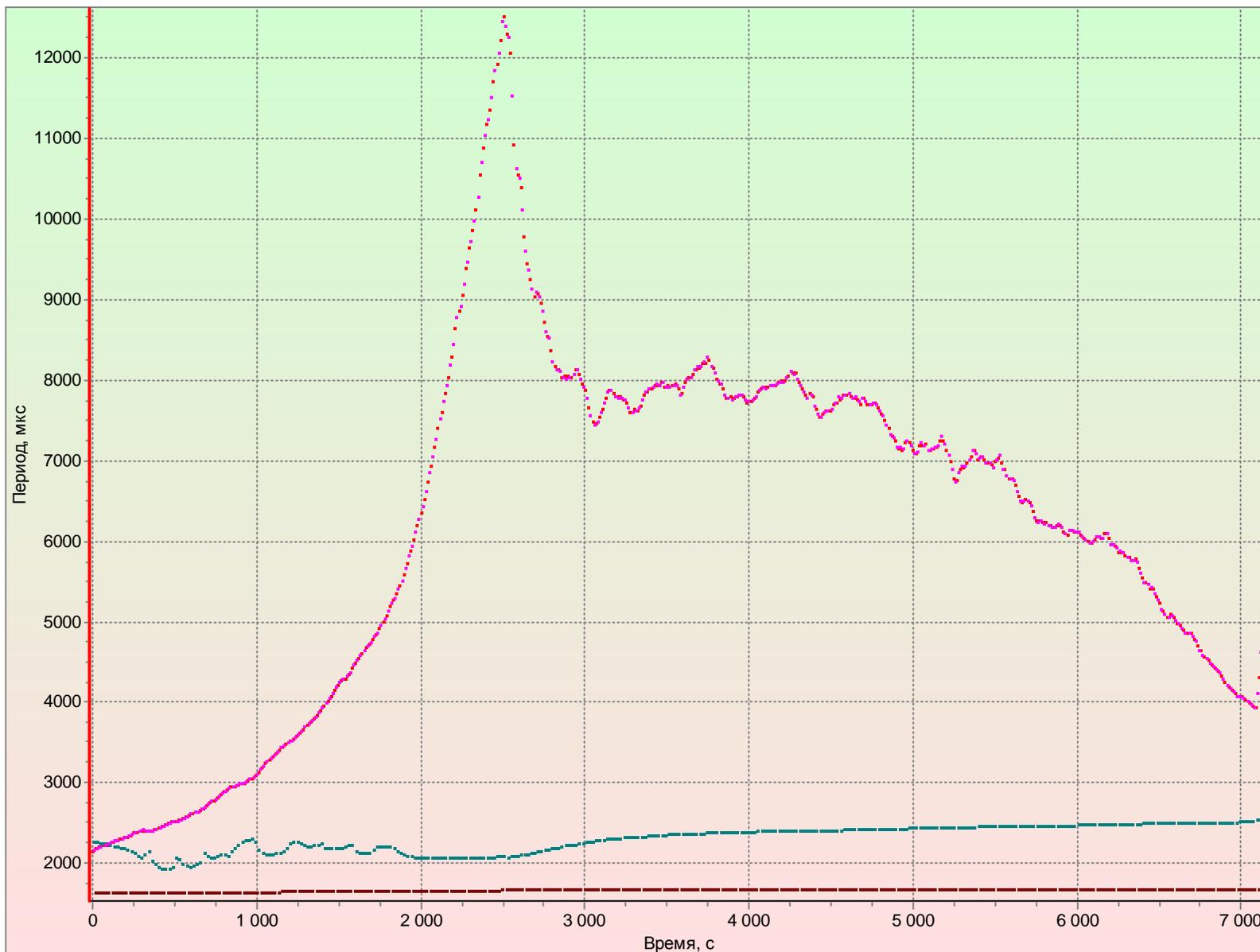


Рисунок 3.2-1. Периоды следования импульсов в каналах телеметрии радиозонда типа МРЗ-3А (АВК-1 – АРМ Аэролога).

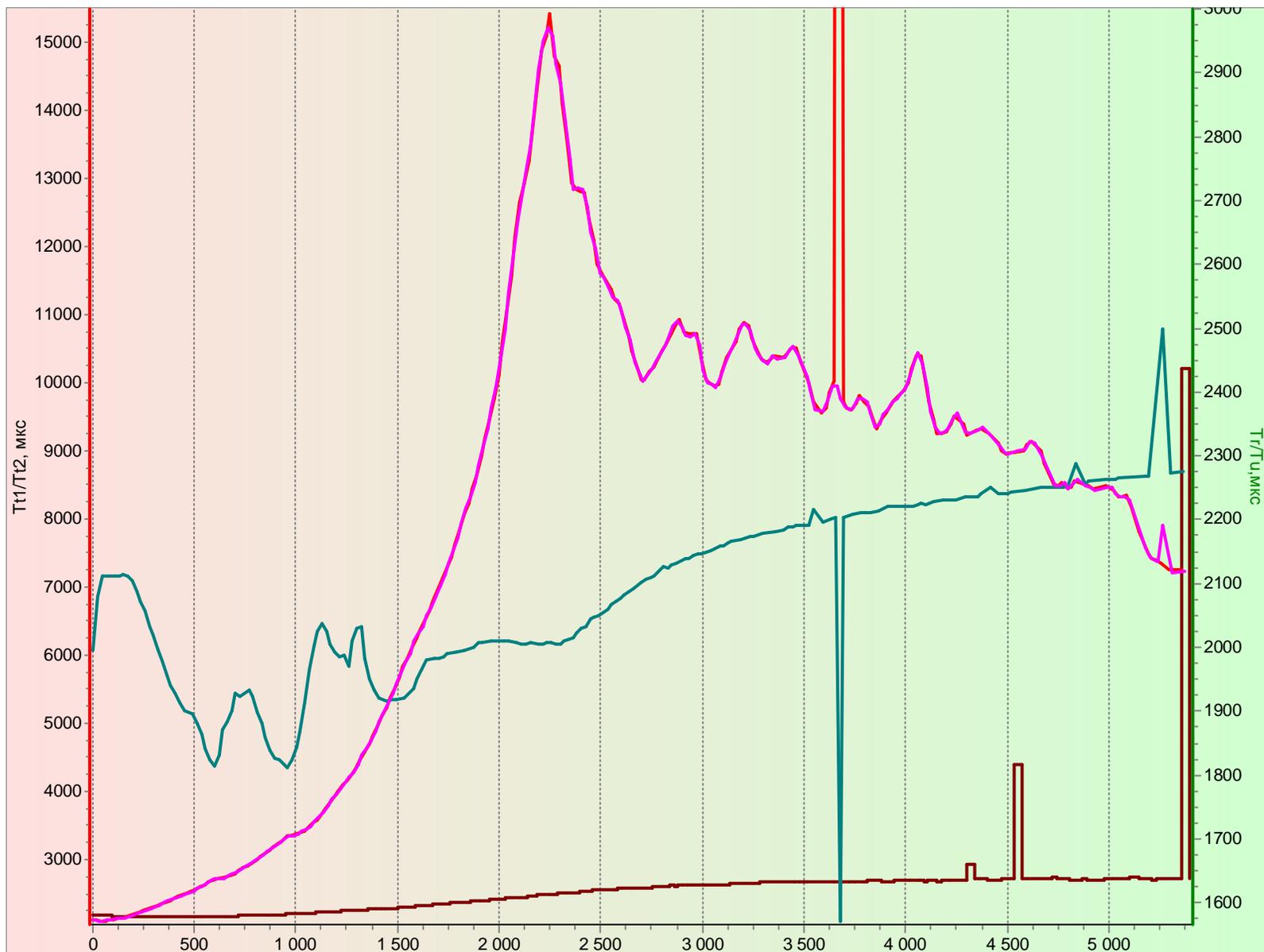


Рисунок 3.2-2. Периоды следования импульсов в каналах телеметрии радиозонда типа МРЗ-3А (Вектор-М). Для наглядности для опорного канала и канала влажности использована вторая ось ординат.

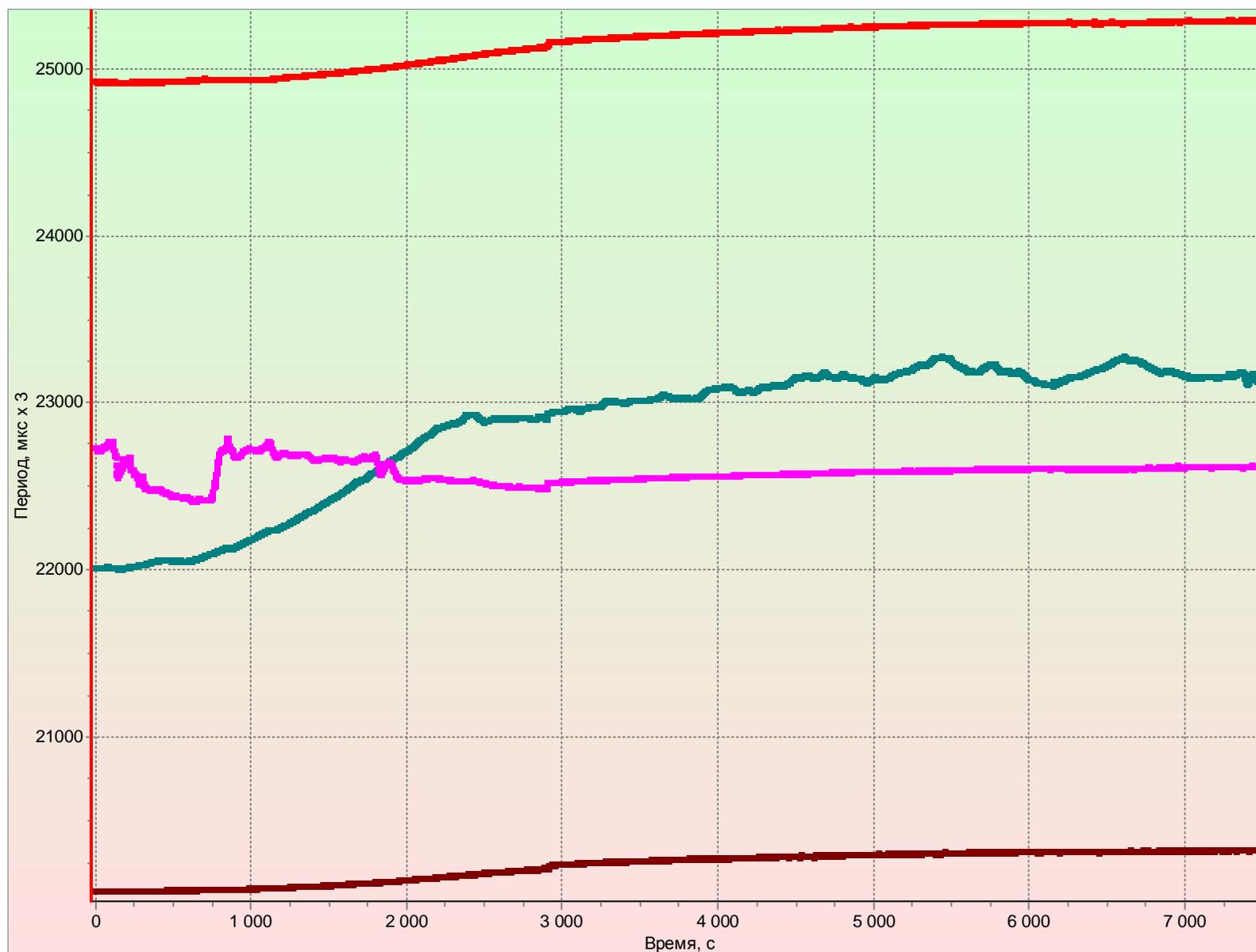


Рисунок 3.2-3. Периоды следования импульсов в каналах телеметрии радиозонда типа РФ95 (АВК-1 – АРМ Аэролога).

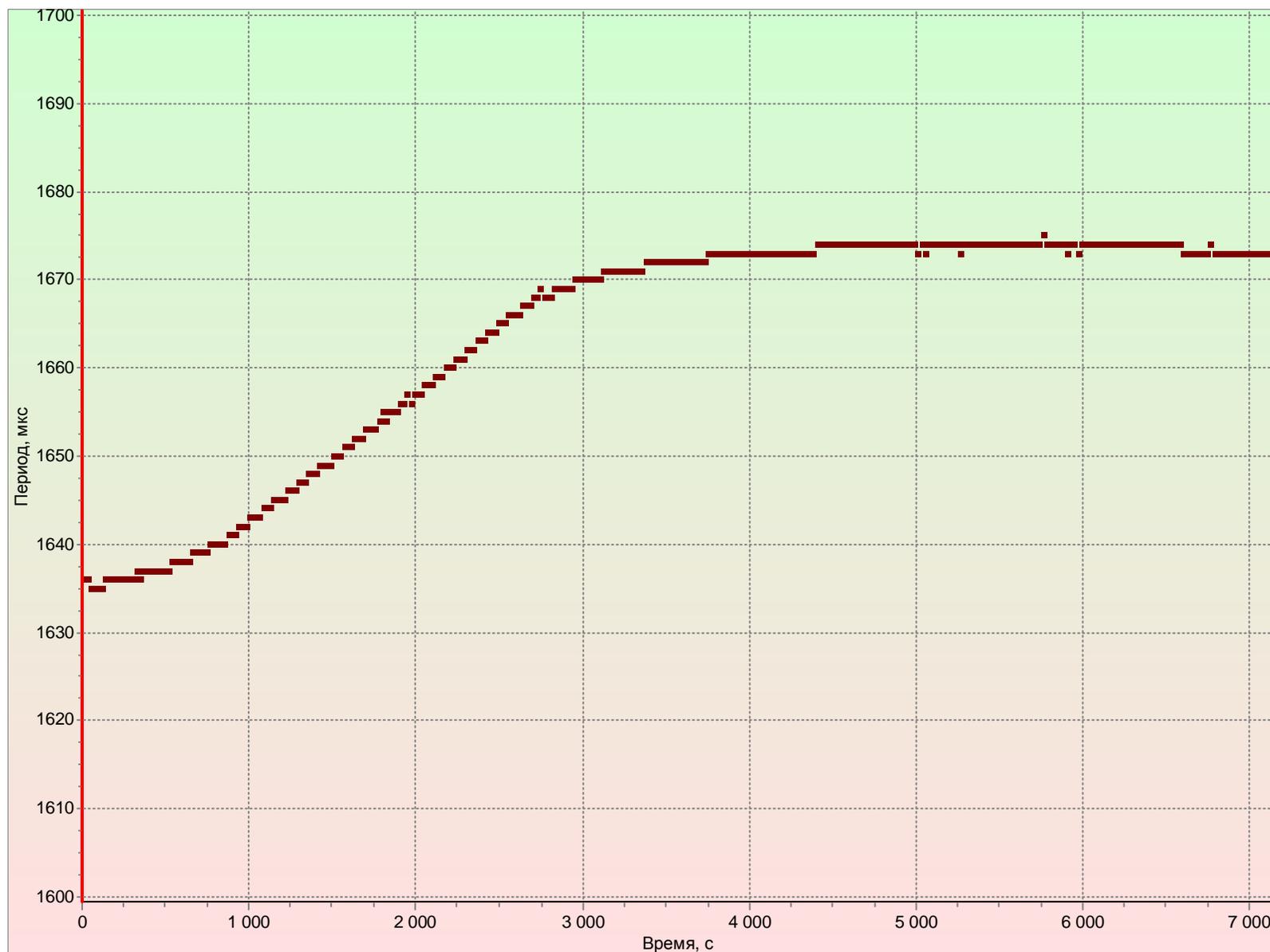


Рисунок 3.2-4. Изменение<sup>5</sup> периода следования импульсов в опорном канале радиозонда типа MP3-3A (тот же выпуск, что и на рисунке 3.2-1).

<sup>5</sup> Дискретность регистрации – 1 мкс.  
Телеметрические периоды

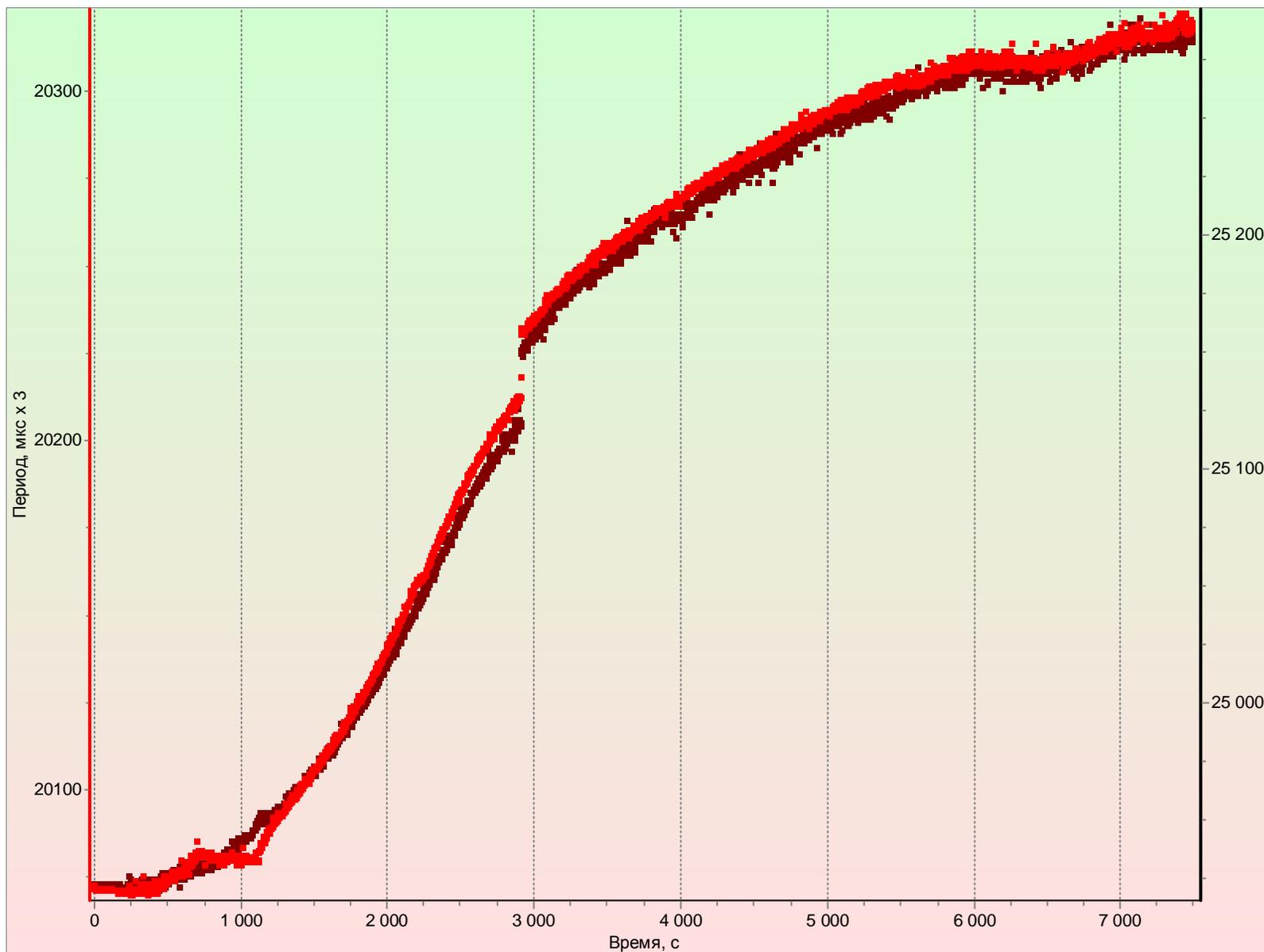


Рисунок 3.2-5. Изменение<sup>6</sup> периода следования импульсов в опорных каналах радиозонда типа РФ95 – для наглядности для второго опорного канала использована вторая ось ординат (тот же выпуск, что и на рисунке 3.2-3).

<sup>6</sup> Дискретность регистрации – 1/3 мкс.  
Телеметрические периоды

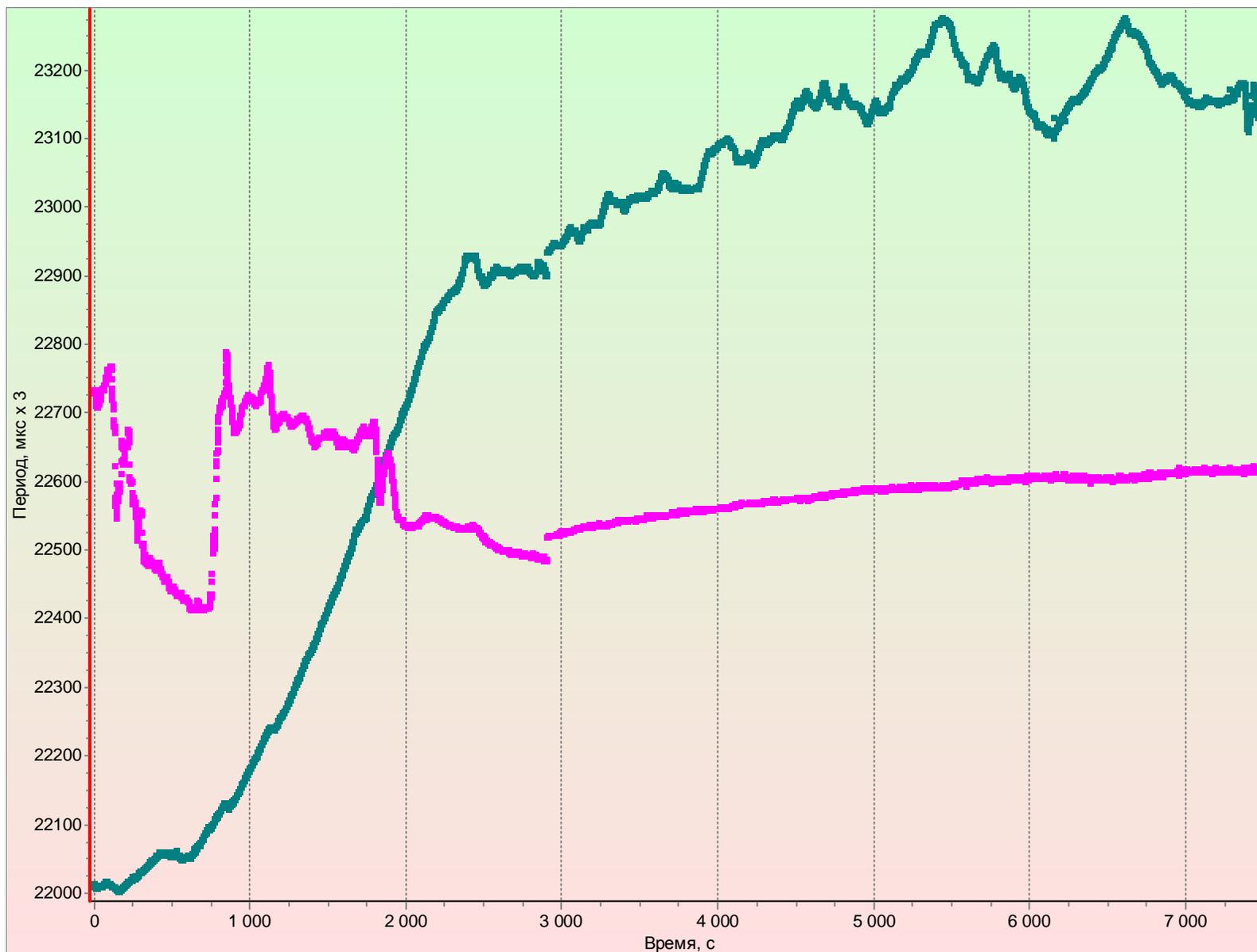


Рисунок 3.2-6. Изменение периода следования импульсов в каналах температуры и влажности радиозонда РФ95 (тот же выпуск, что и на рисунке 3.2-3).

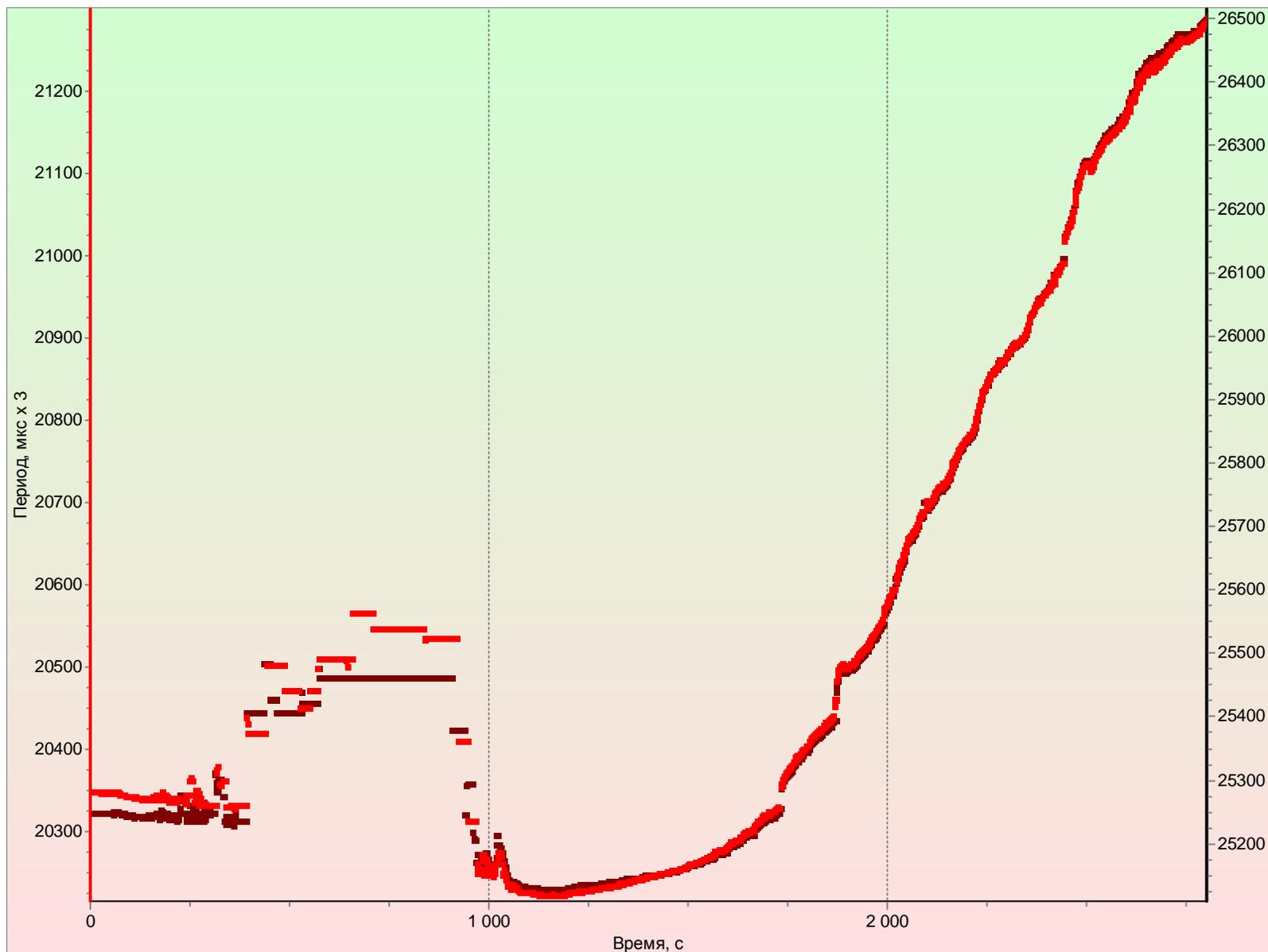


Рисунок 3.2-7. Уход опорных частот радиозонда типа РФ95 в полете.

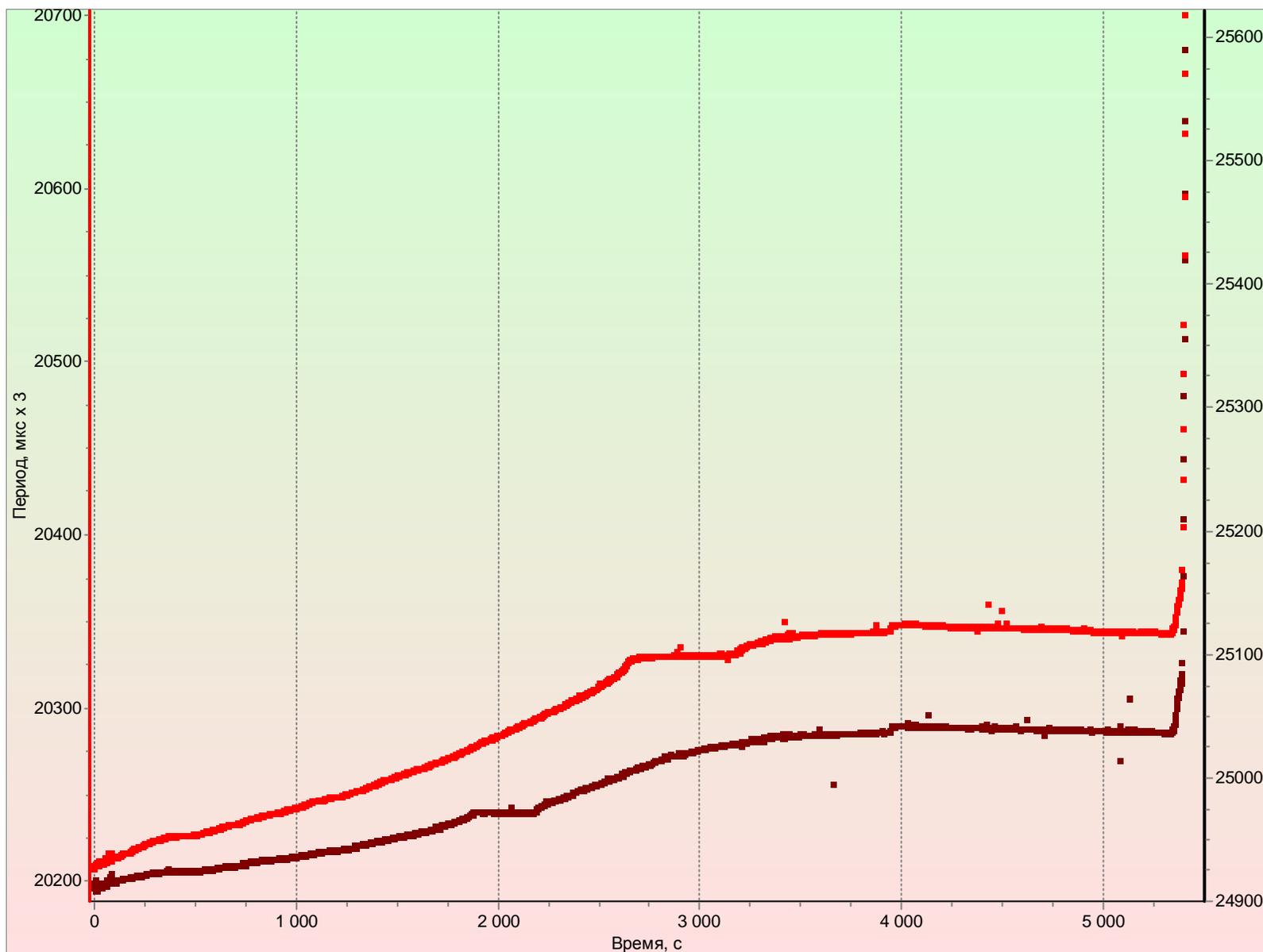


Рисунок 3.2-8. Уход опорных частот радиозонда типа РФ95 в полете.

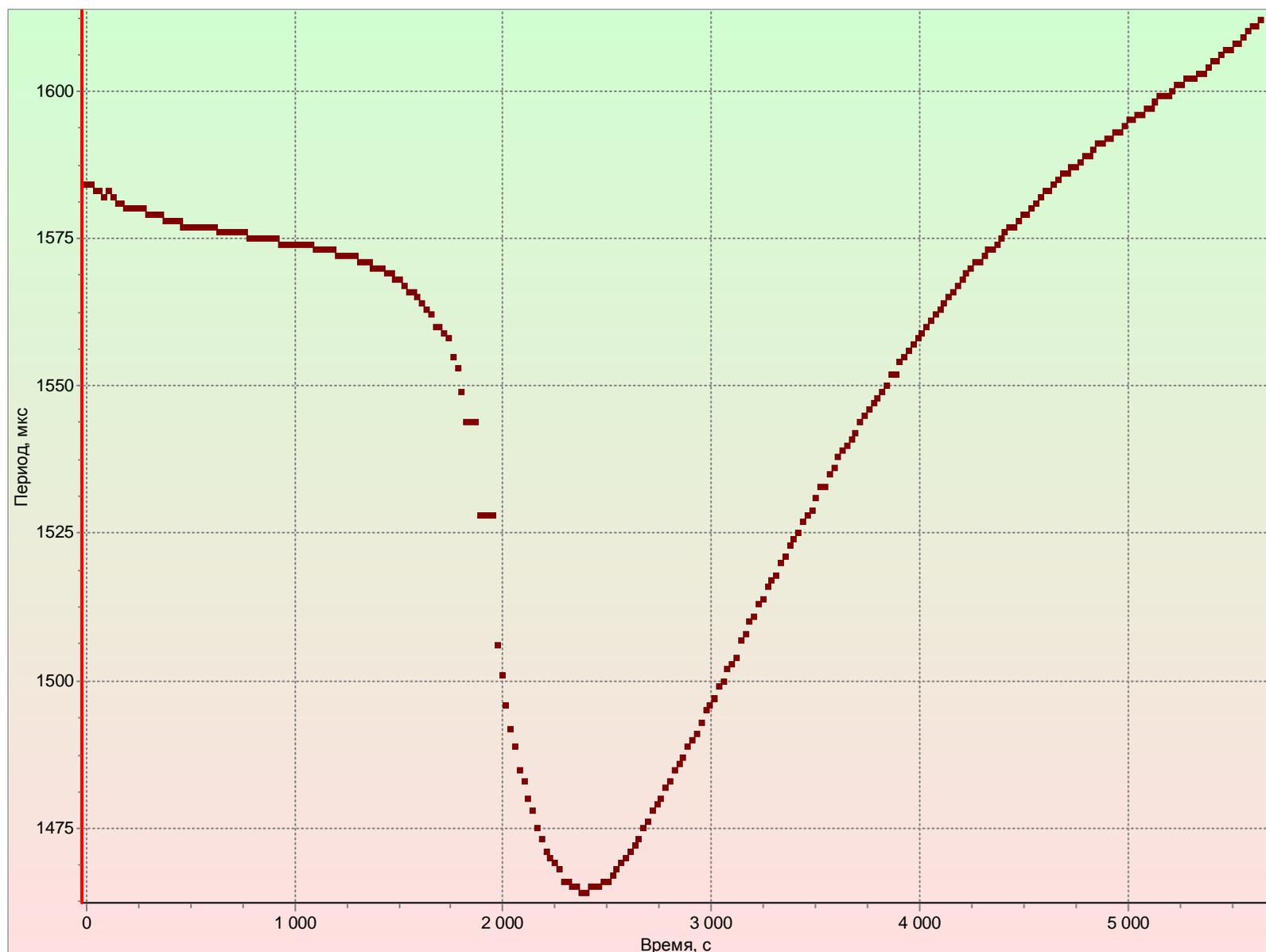


Рисунок 3.2-9. Уход опорных частот радиозонда типа МРЗ-3А в полете.

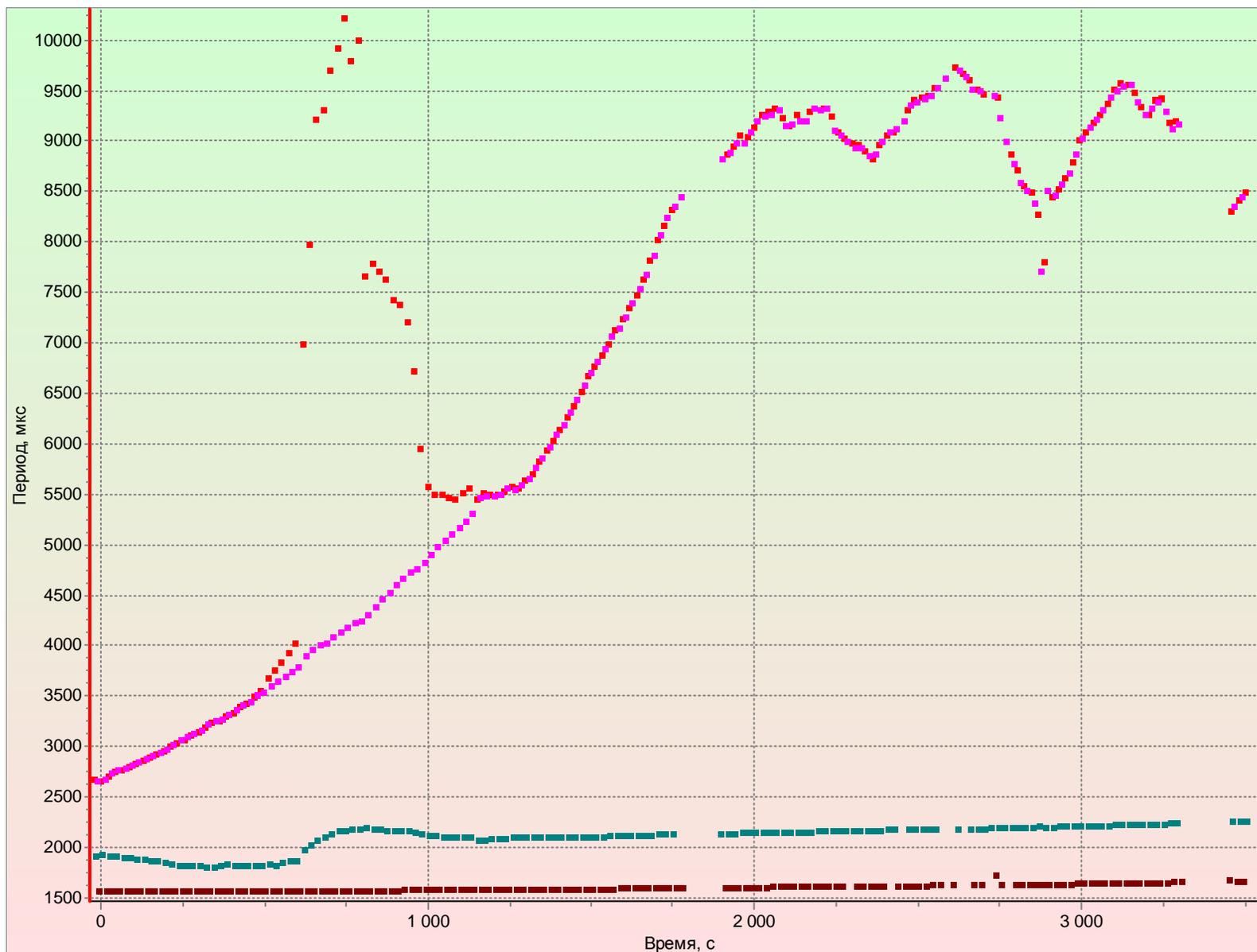


Рисунок 3.2-10. Недостоверные данные в первом канале температуры радиозонда МРЗ-3А.

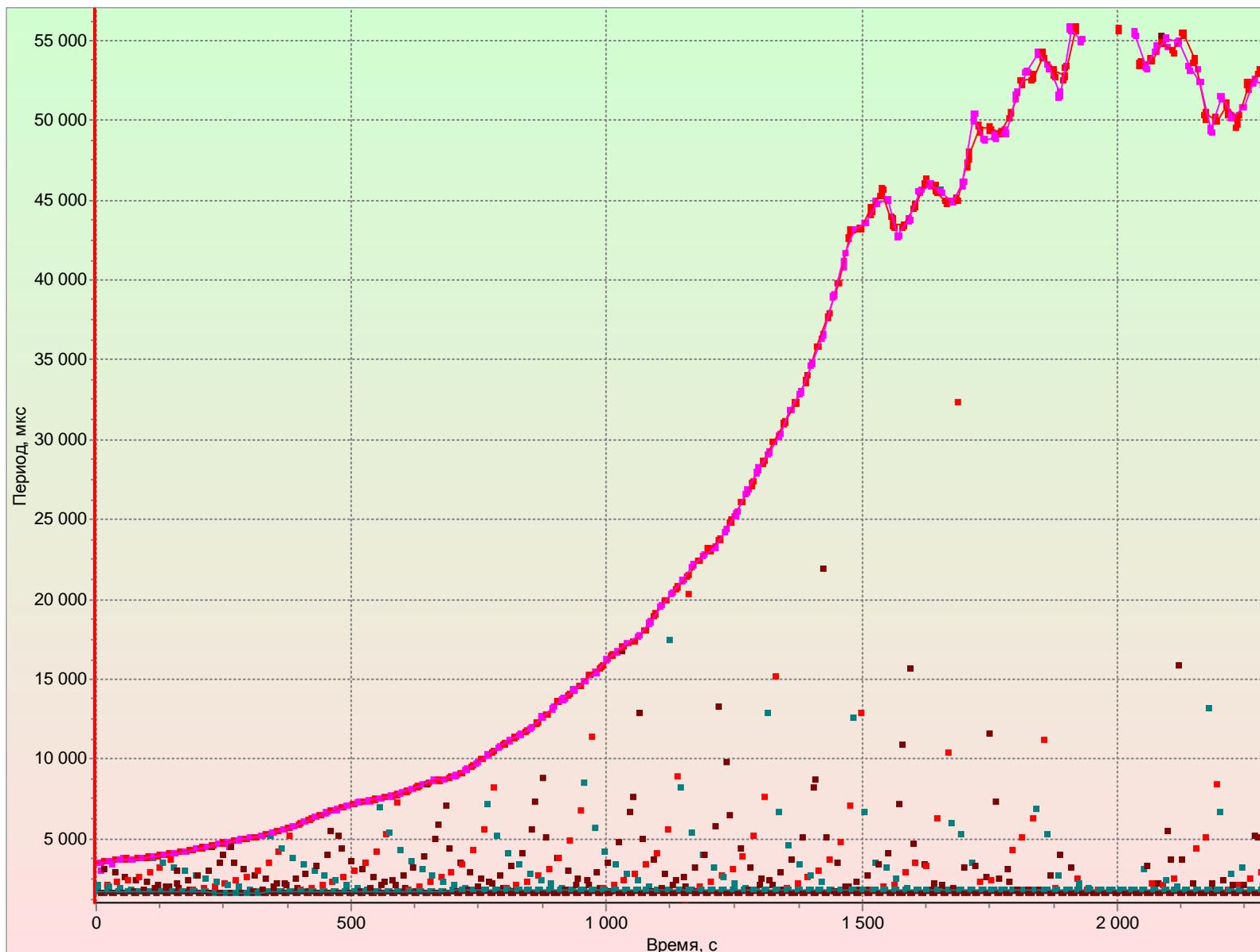


Рисунок 3.2-11. Ограничение по значению периода радиозонда МРЗ-3А в УС96.



Рисунок 3.2-12. Обрыв датчика температуры радиозонда РФ95.

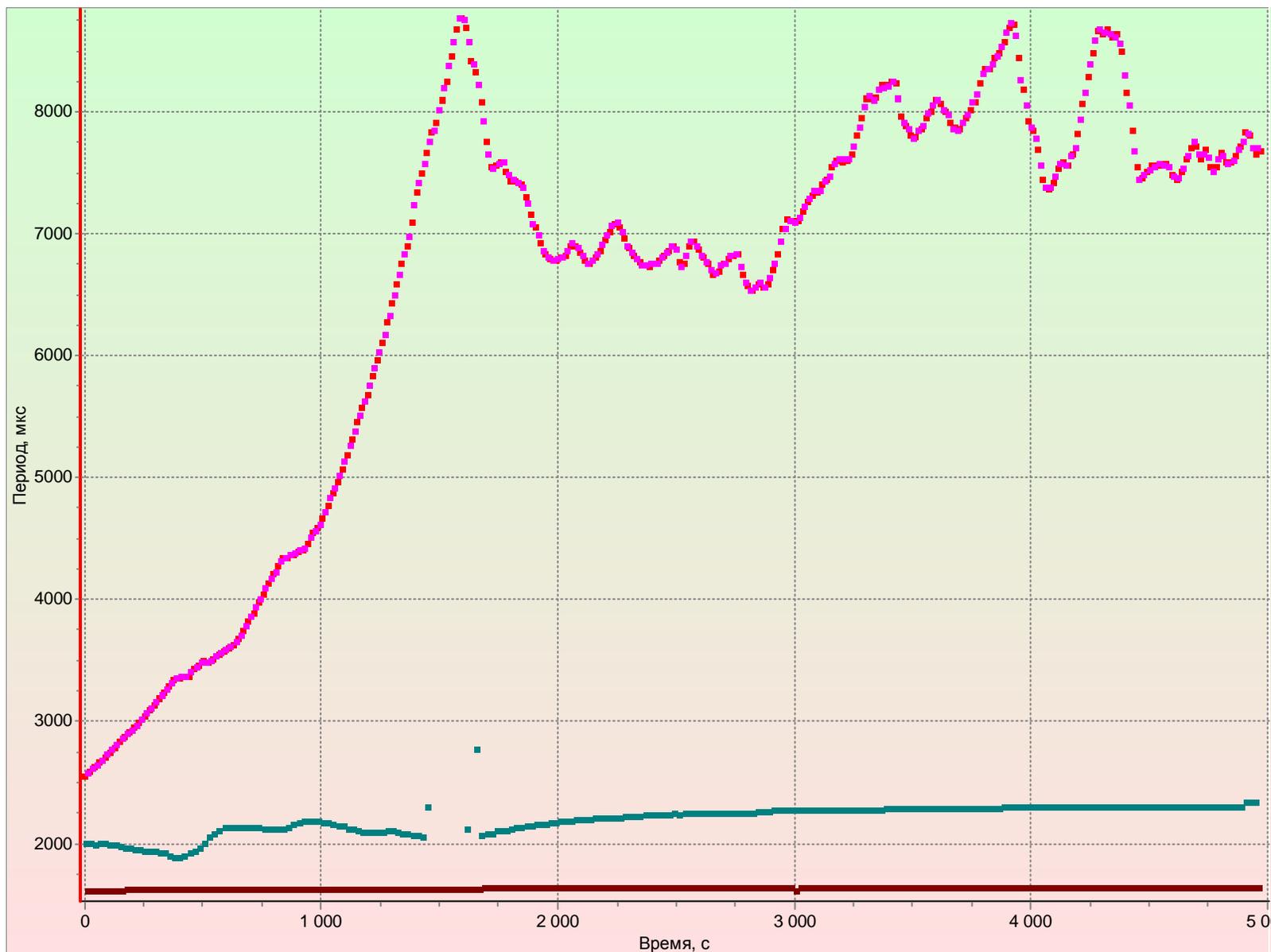


Рисунок 3.2-13. Отказ датчика влажности радиозонда МРЗ-3А.

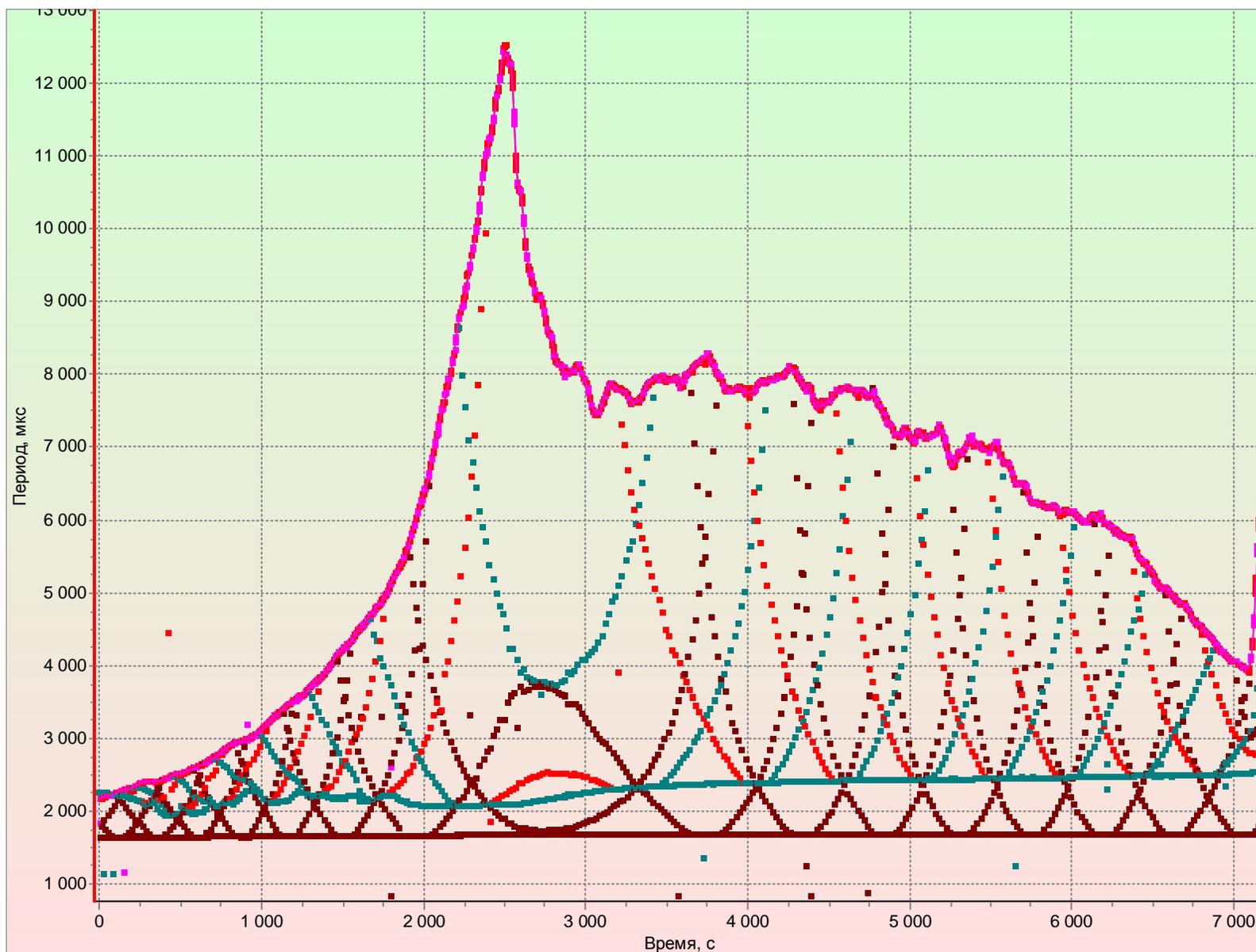


Рисунок 3.2-14. Средние за секунду периоды следования импульсов в телеметрических каналах радиозонда МРЗ-3А. АВК-1 – АРМ Аэролога. Данные того же выпуска, что и на рисунке 3.2-1.

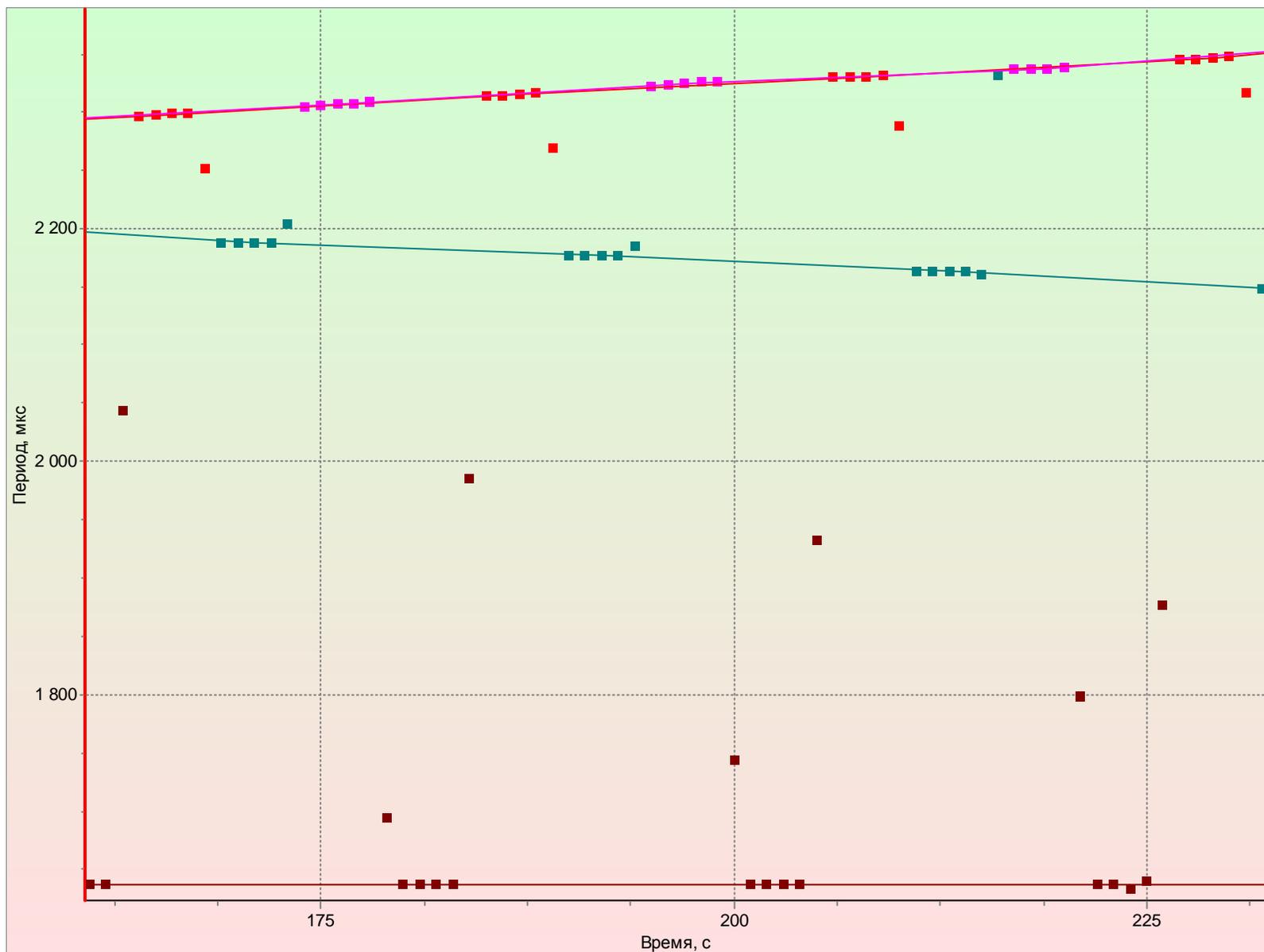


Рисунок 3.2-15. Средние за секунду периоды следования импульсов в телеметрических каналах радиозонда МРЗ-3А. АВК-1 – АРМ Аэролога. Данные того же выпуска, что и на рисунке выше.

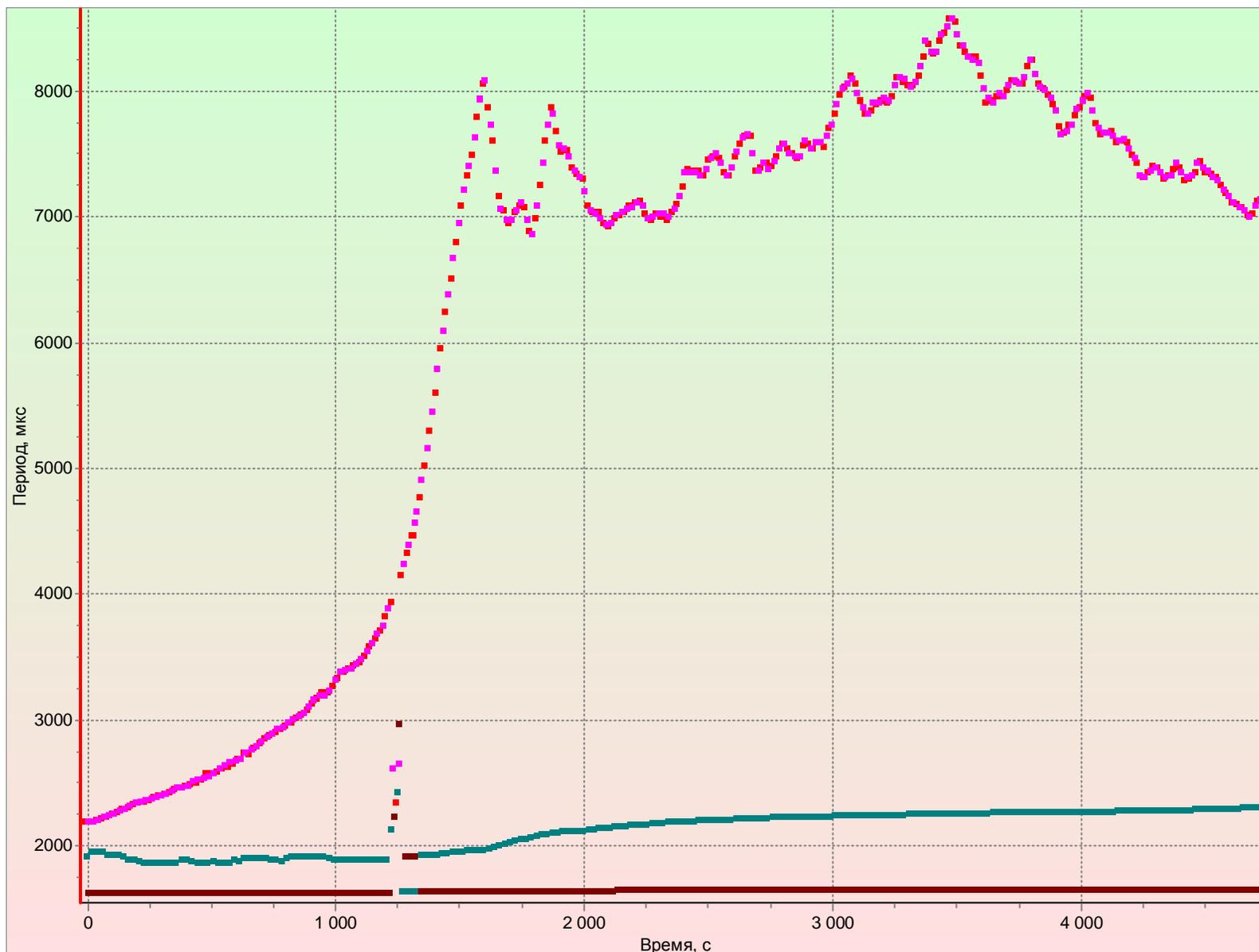


Рисунок 3.2-16. Пример сбоя в данных телеметрии радиозонда типа МРЗ-3А – средние периоды по каналам.

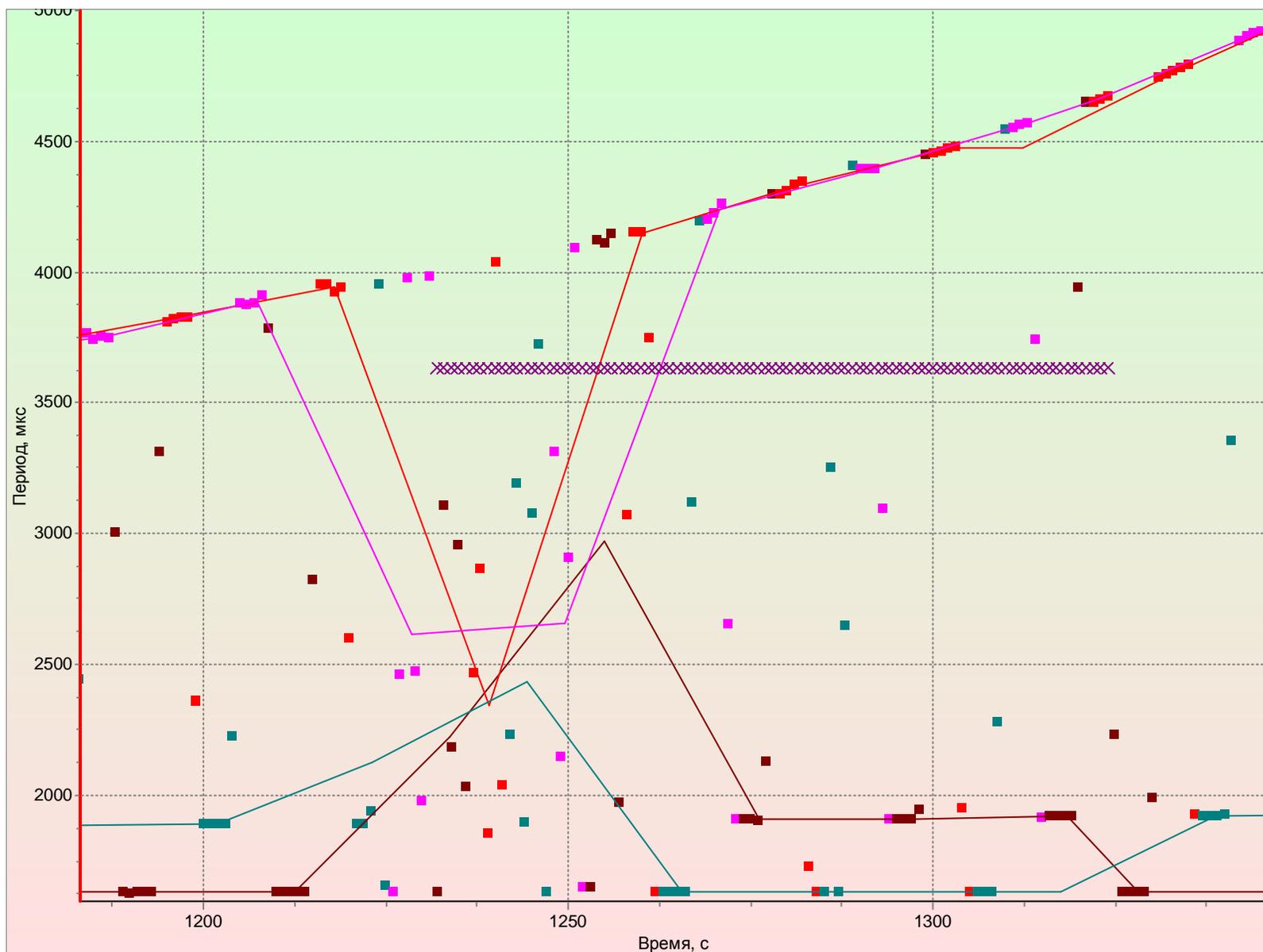


Рисунок 3.2-17. Ежесекундные отсчеты телеметрии – разброс частот. Сиреневыми значками показано наличие признака «Пр4» (в стандартной поставке ARMPView – вкладка Признаки). Данные того же выпуска, что и на рисунке выше.

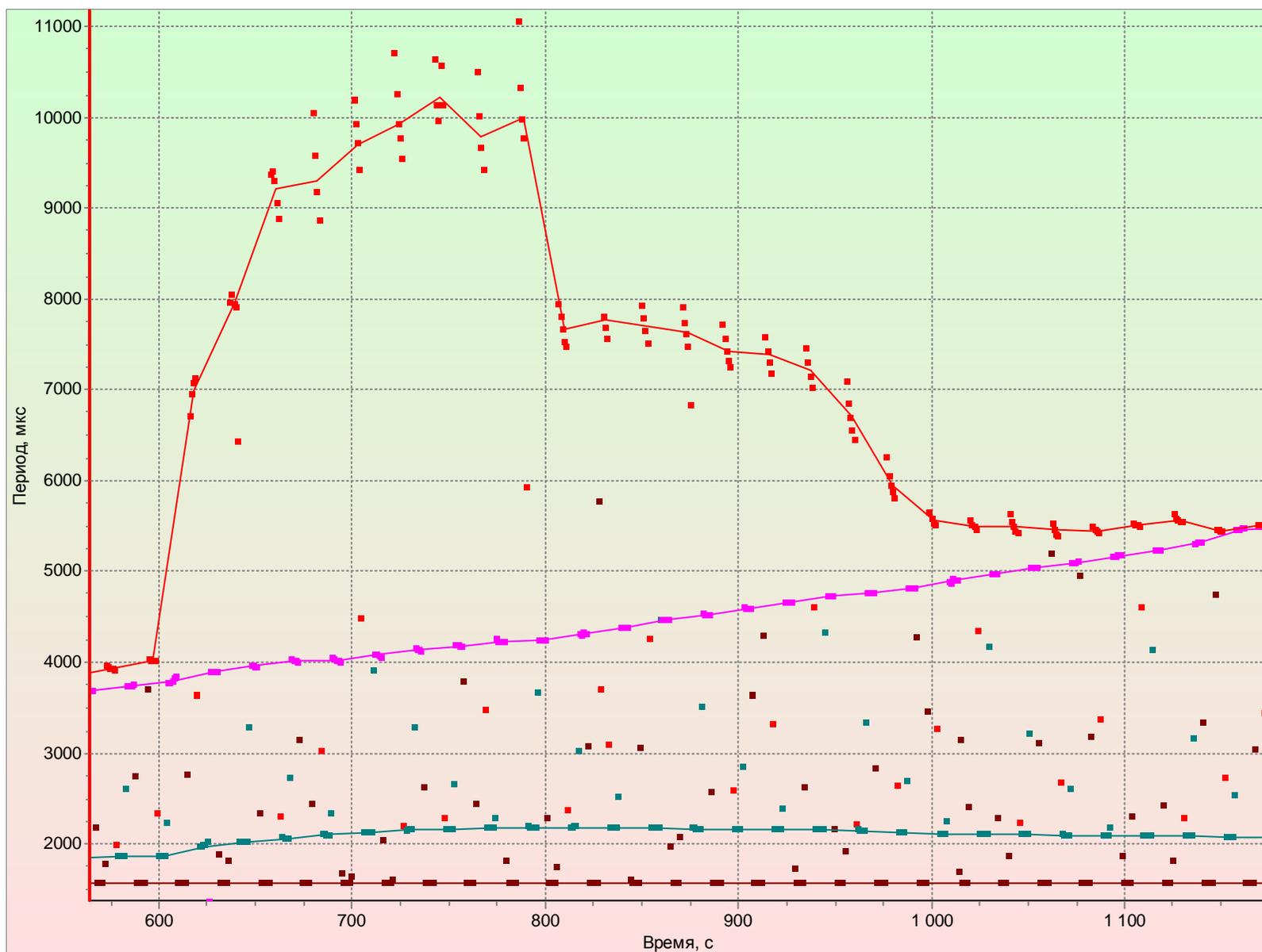


Рисунок 3.2-18. Ежесекундные отсчеты телеметрии – недостоверные данные в первом канале температуры радиозонда МРЗ-3А. Данные того же выпуска, что и на рисунке 3.2-10.

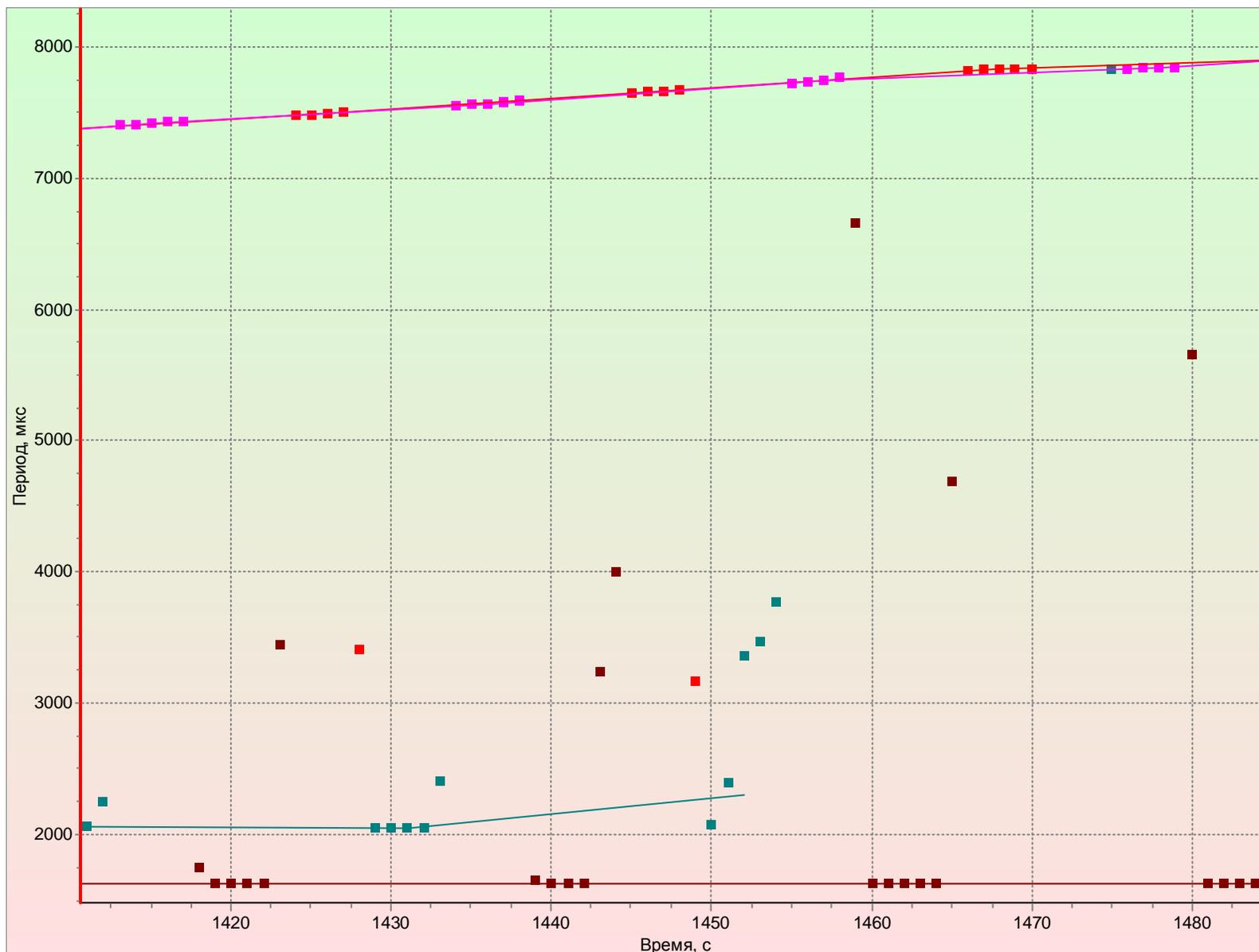


Рисунок 3.2-19. Ежесекундные отсчеты телеметрии – отказ датчика влажности радиозонда МРЗ-3А. Те же данные, что и на рисунке 3.2-13.

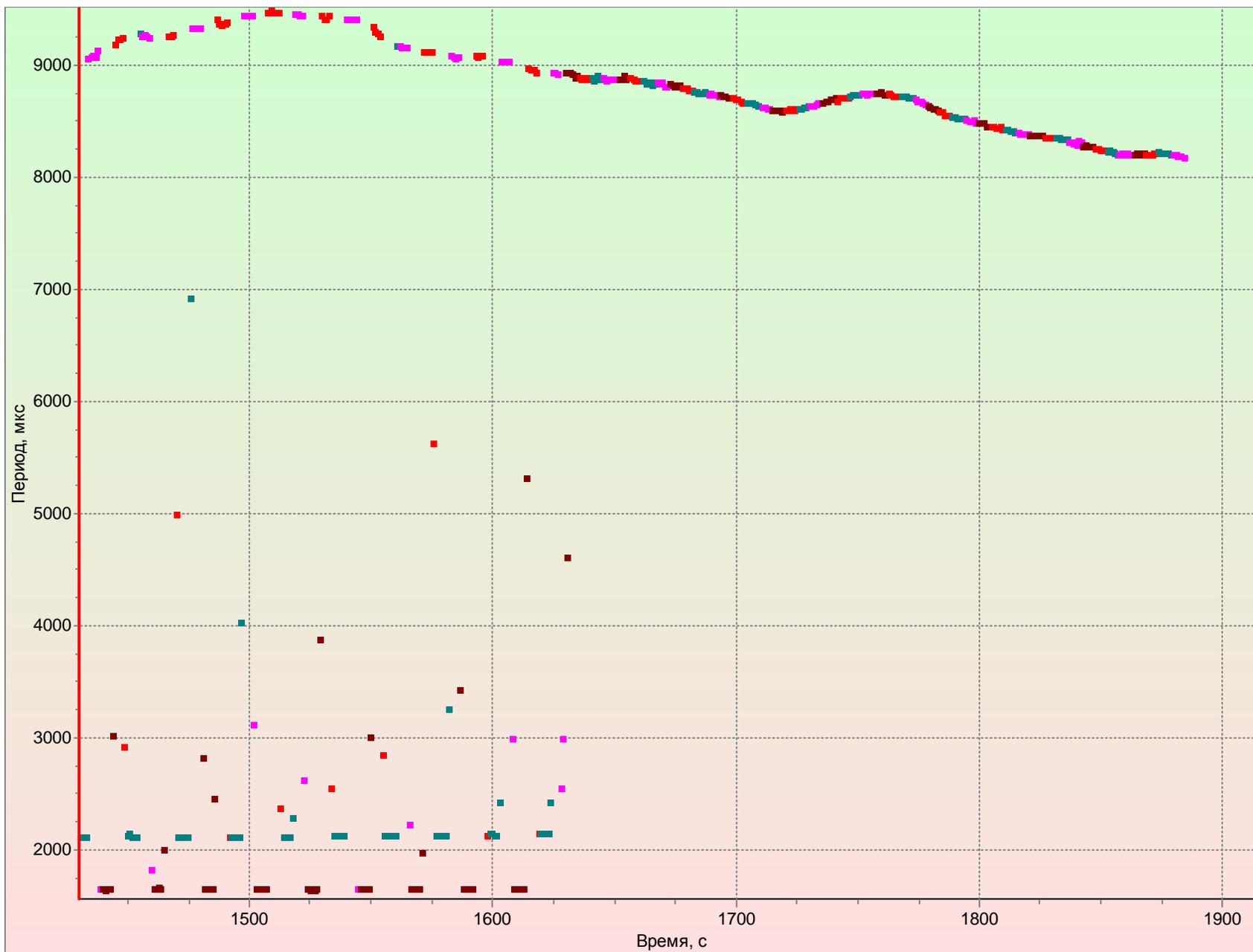


Рисунок 3.2-20. Отказ коммутатора радиозонда типа МРЗ-3В – во всех каналах передаются температурные частоты.

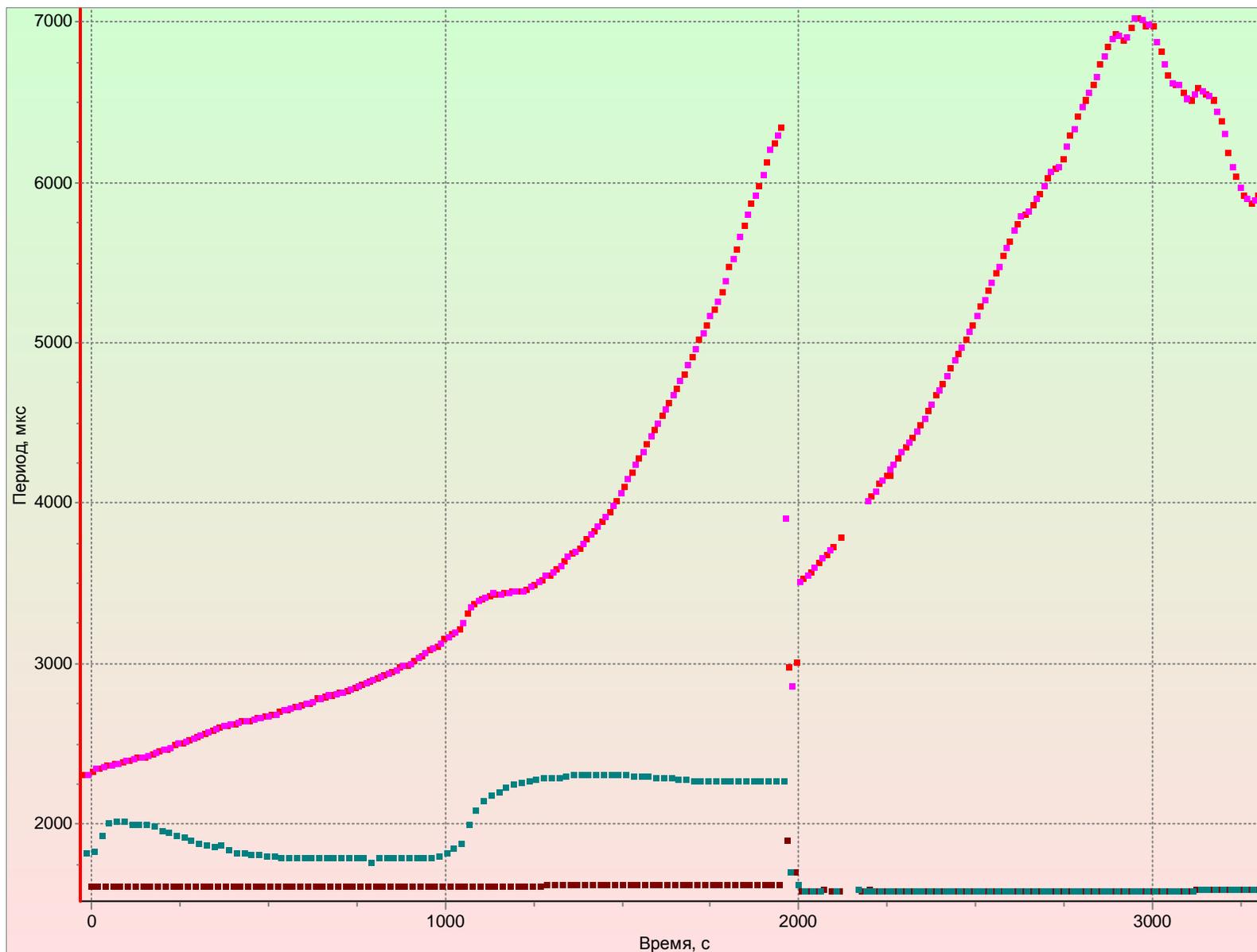


Рисунок 3.2-21. Отказ в канале влажности радиозонда МРЗ-3А – средние периоды по каналам.

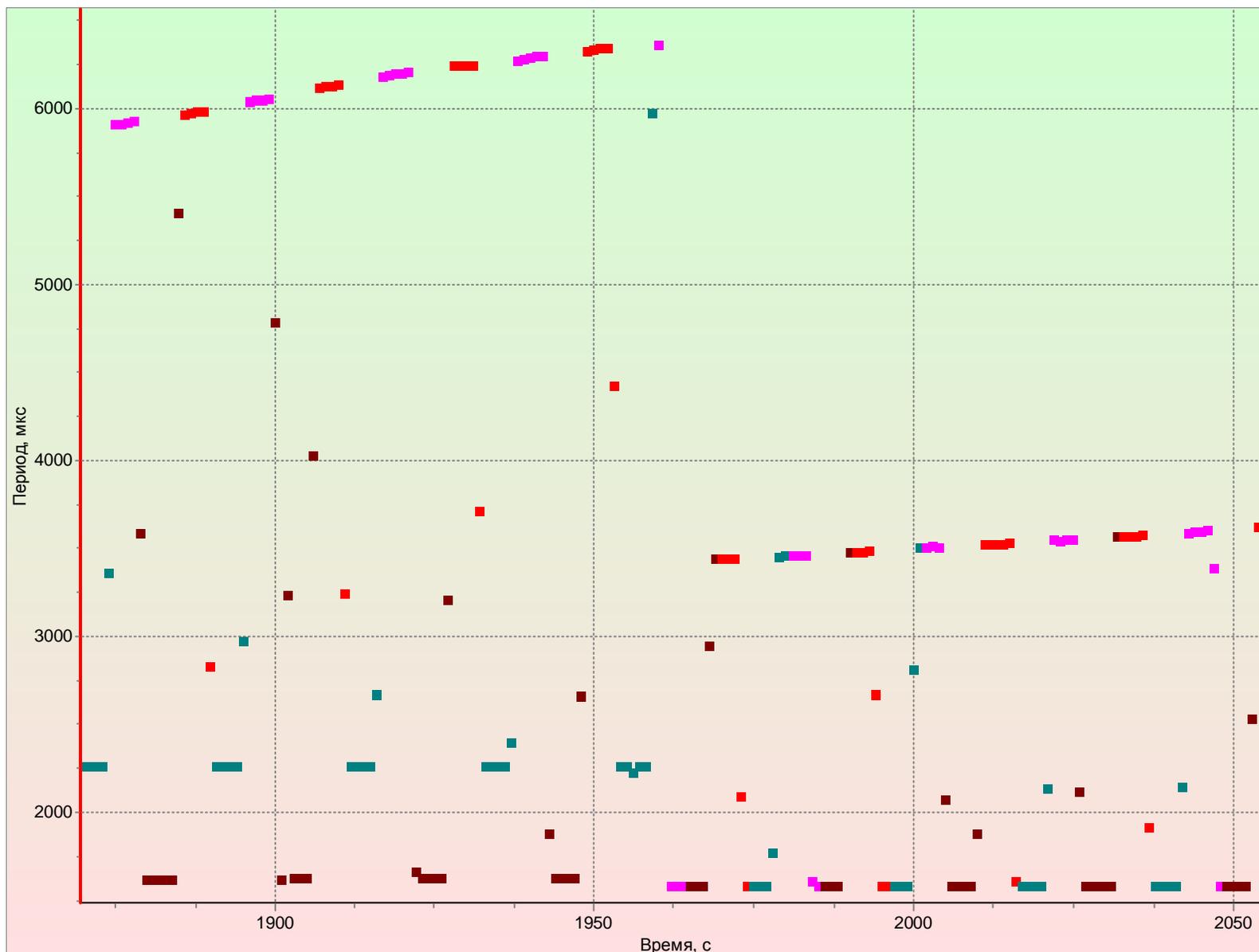


Рисунок 3.2-22. Отказ в канале влажности радиозонда МРЗ-3А – ежесекундные отсчеты периодов. Данные того же выпуска, что и на рисунке выше.

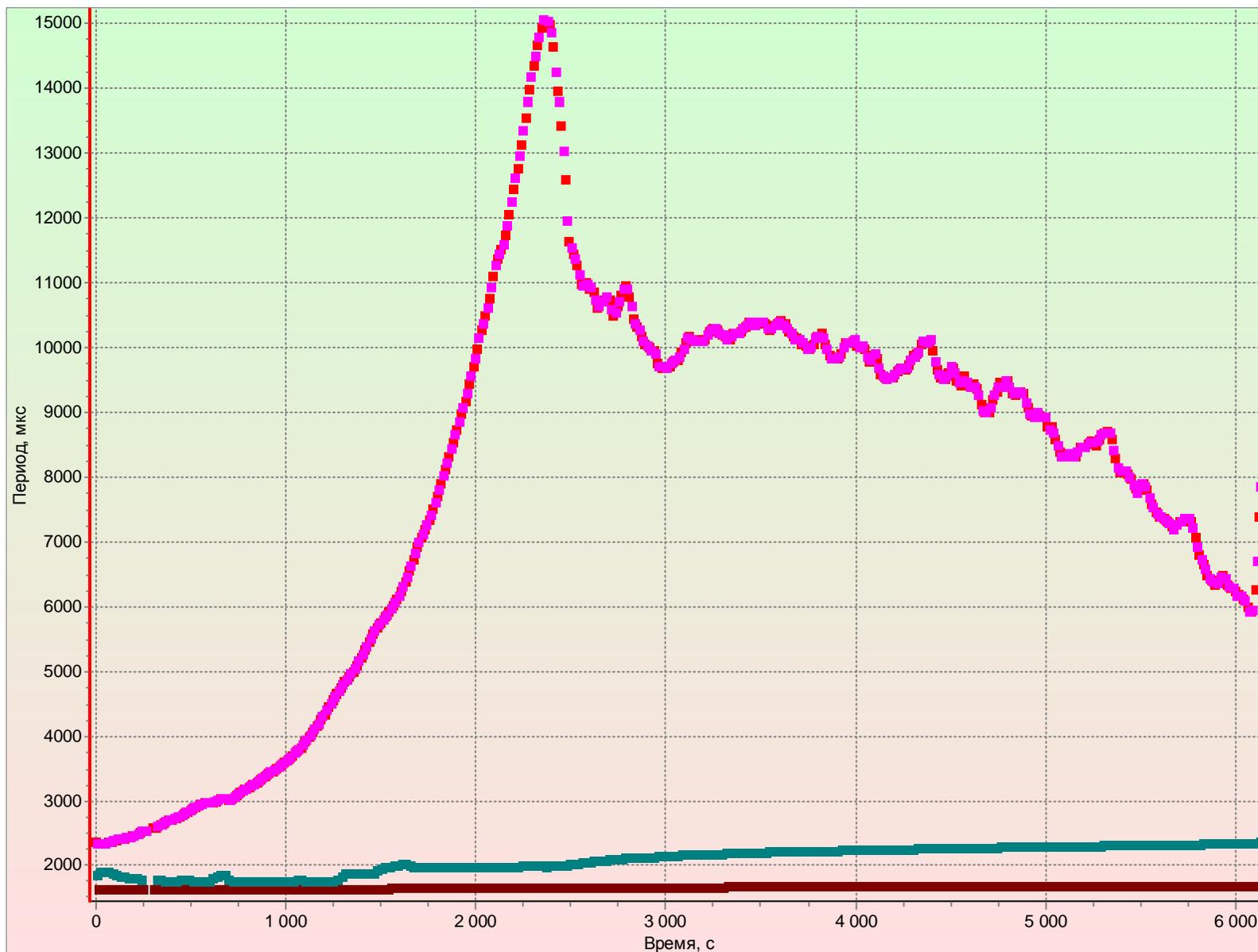


Рисунок 3.2-23. Данные телеметрии радиозонда МРЗ-3А с пропусками. АВК-1 – АРМ Аэролога.

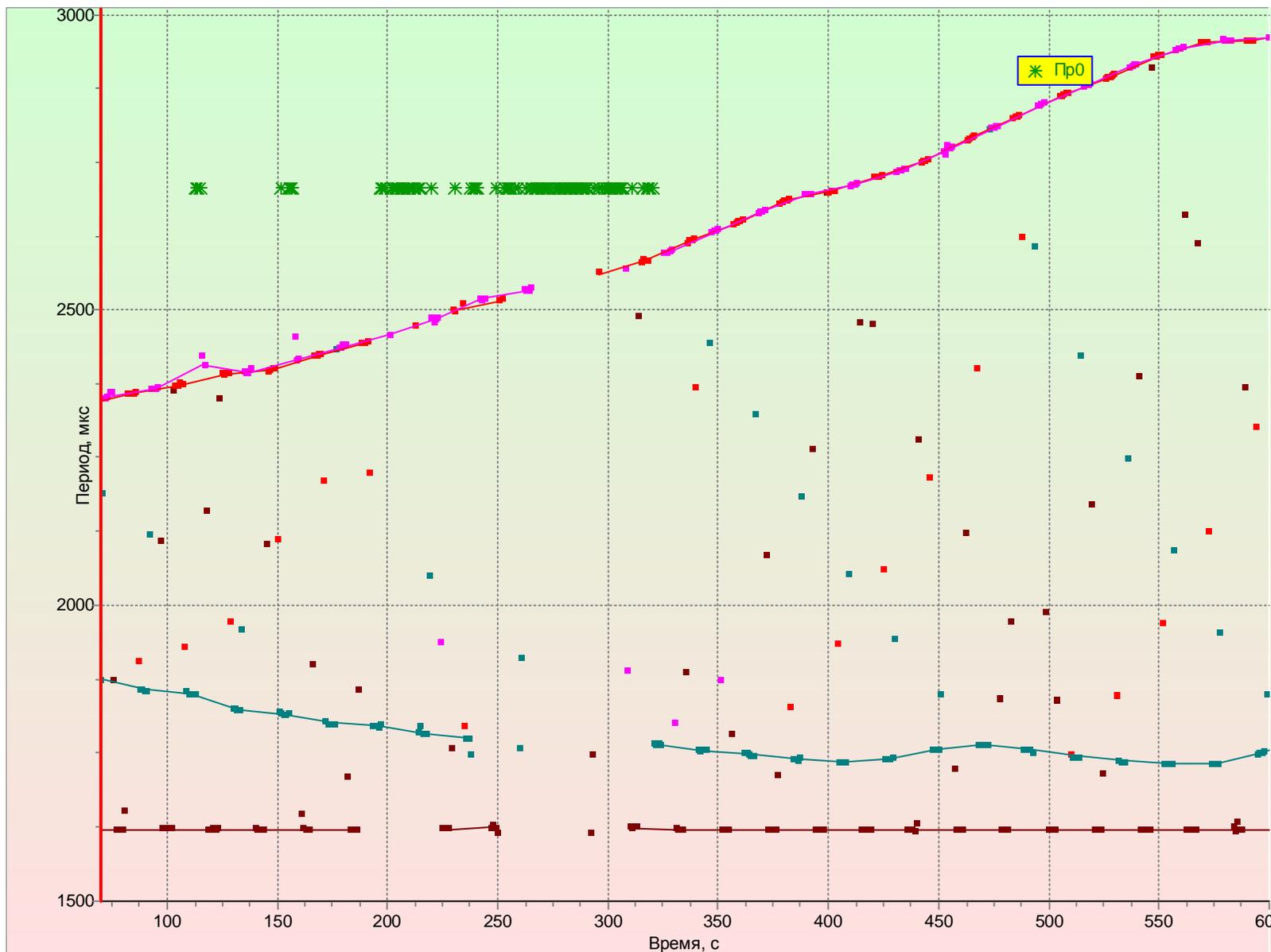


Рисунок 3.2-24. Ежесекундные отсчеты телеметрии – отсутствие счета периодов при замираниях сигнала радиозонда МРЗ-3А, зелеными значками показано наличие признака «ПЕРЕПАД» (в стандартной поставке ARMVView – вкладка Признаки). Данные того же выпуска, что и на рисунке выше.

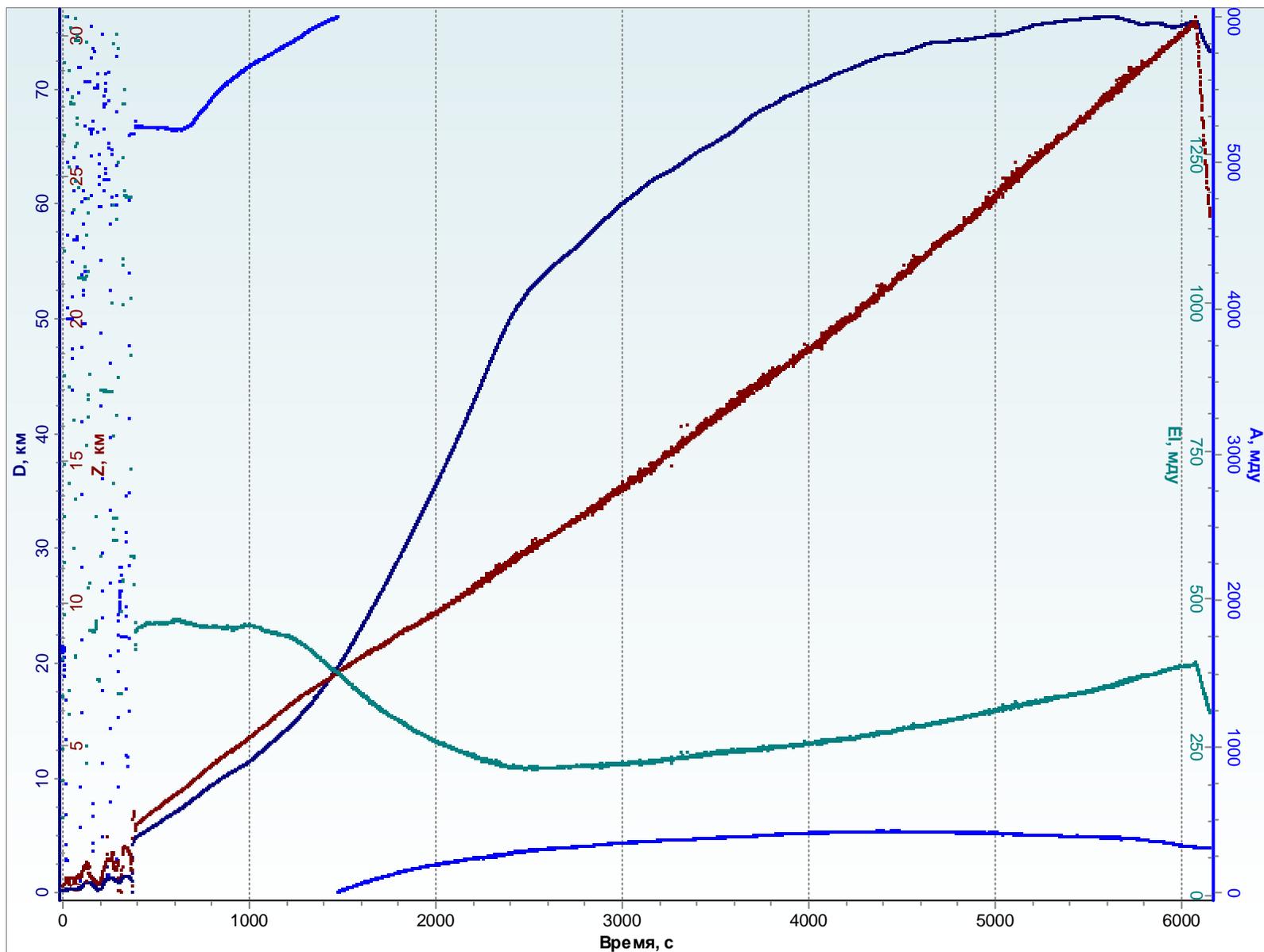


Рисунок 3.2-25. Результаты сопровождения радиозонда МРЗ-3А в выпуске, показанном на рисунке выше.

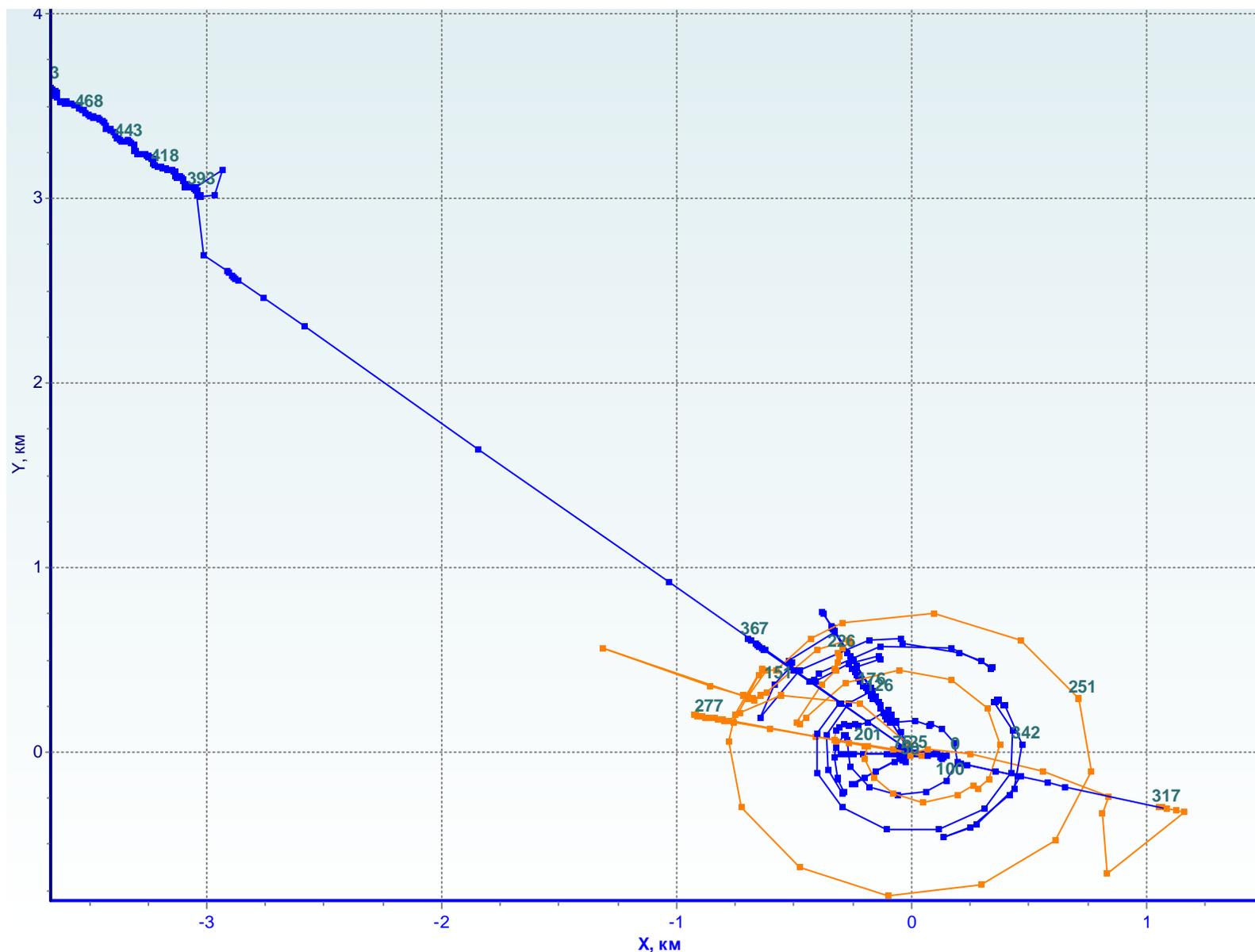


Рисунок 3.2-26. Поиск радиозонда по азимуту в выпуске, показанном на рисунке выше Оранжевым цветом выделены данные с 197 по 320 с.

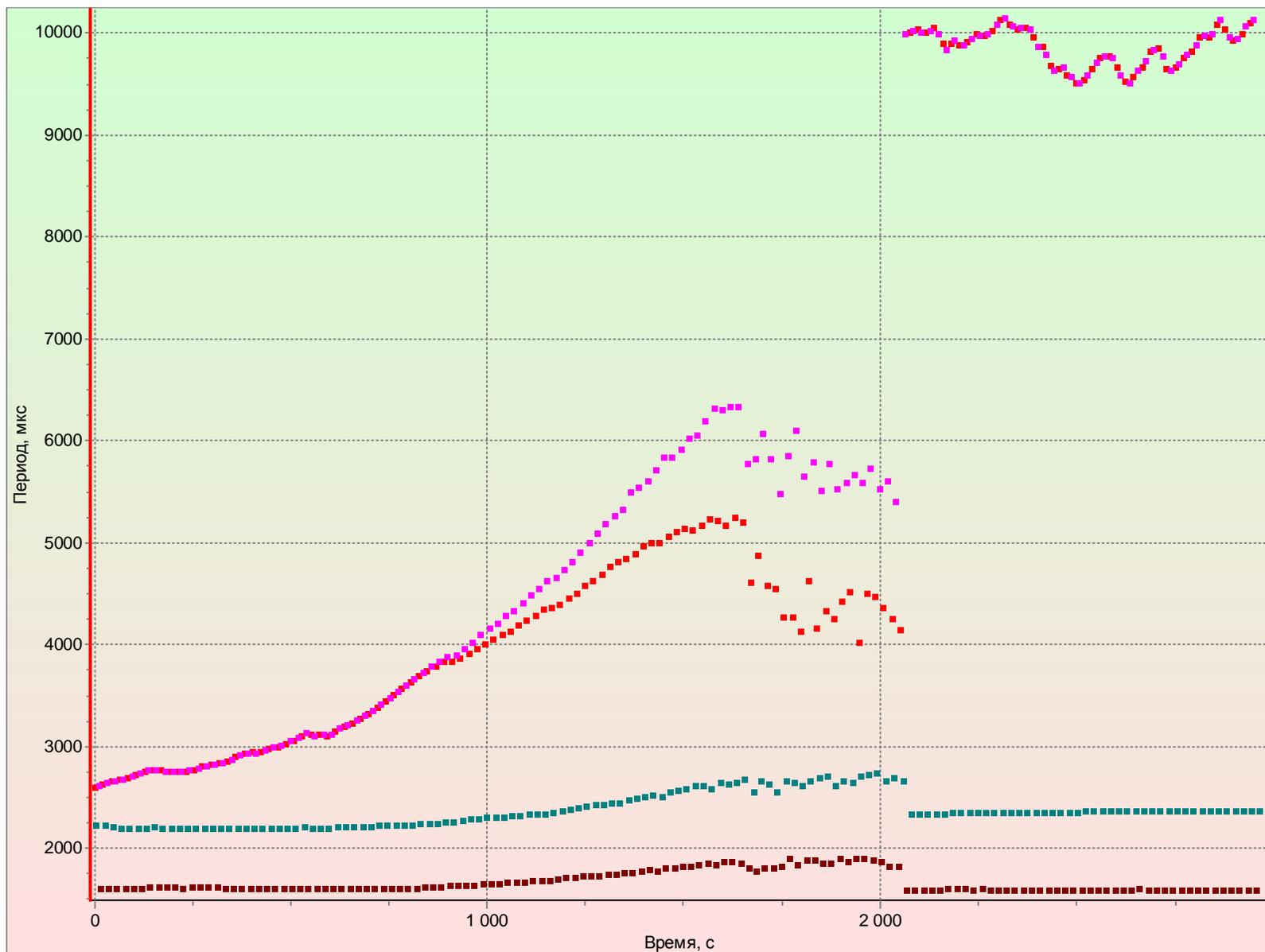


Рисунок 3.2-27. Сбой идентификации телеметрических каналов – средние периоды за каналные интервалы. Радиозонд МРЗ-3А\*. АВК-1 – АРМ Аэролога.

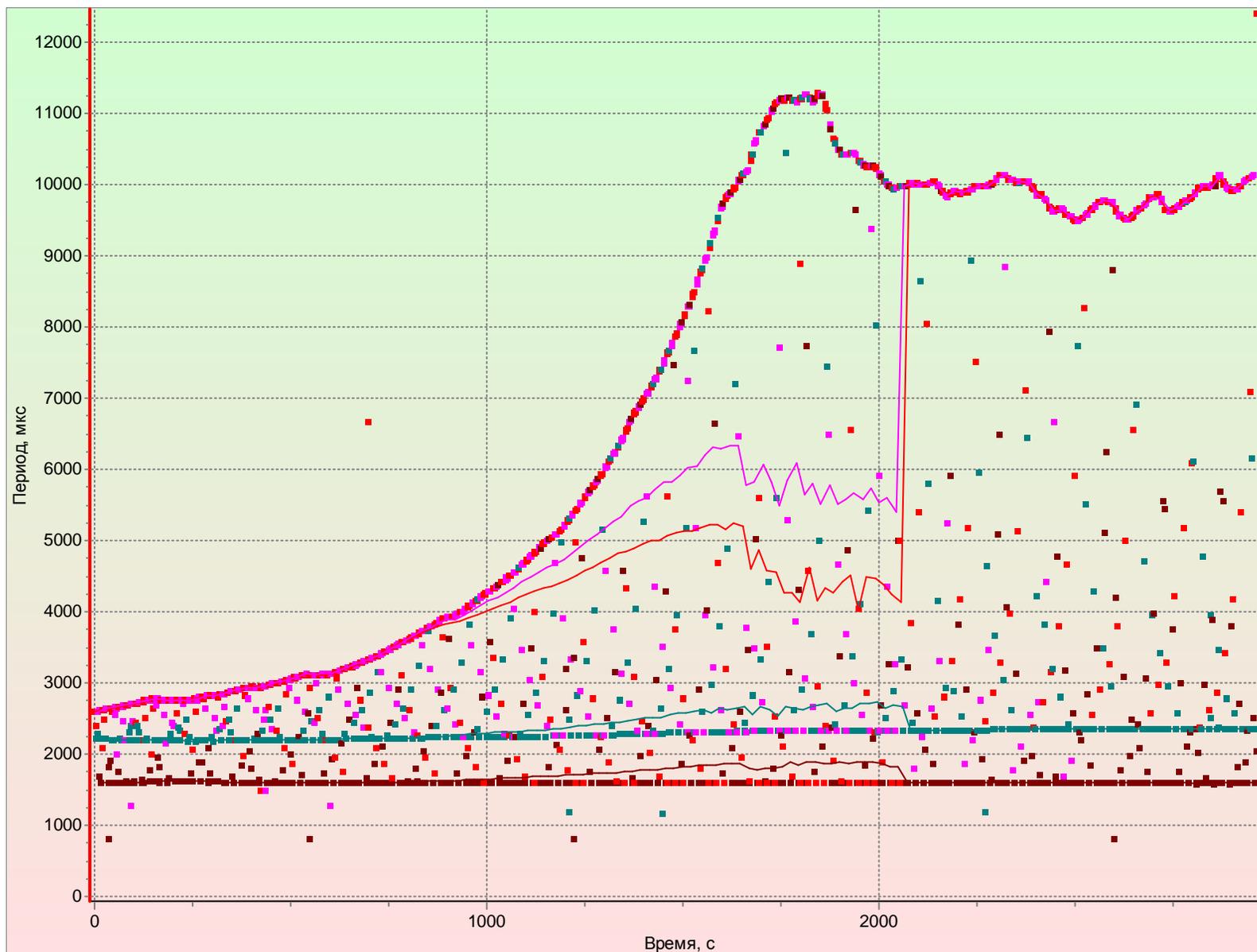


Рисунок 3.2-28. Сбой идентификации телеметрических каналов – ежесекундные отсчеты. Тот же выпуск, что и на рисунке выше.

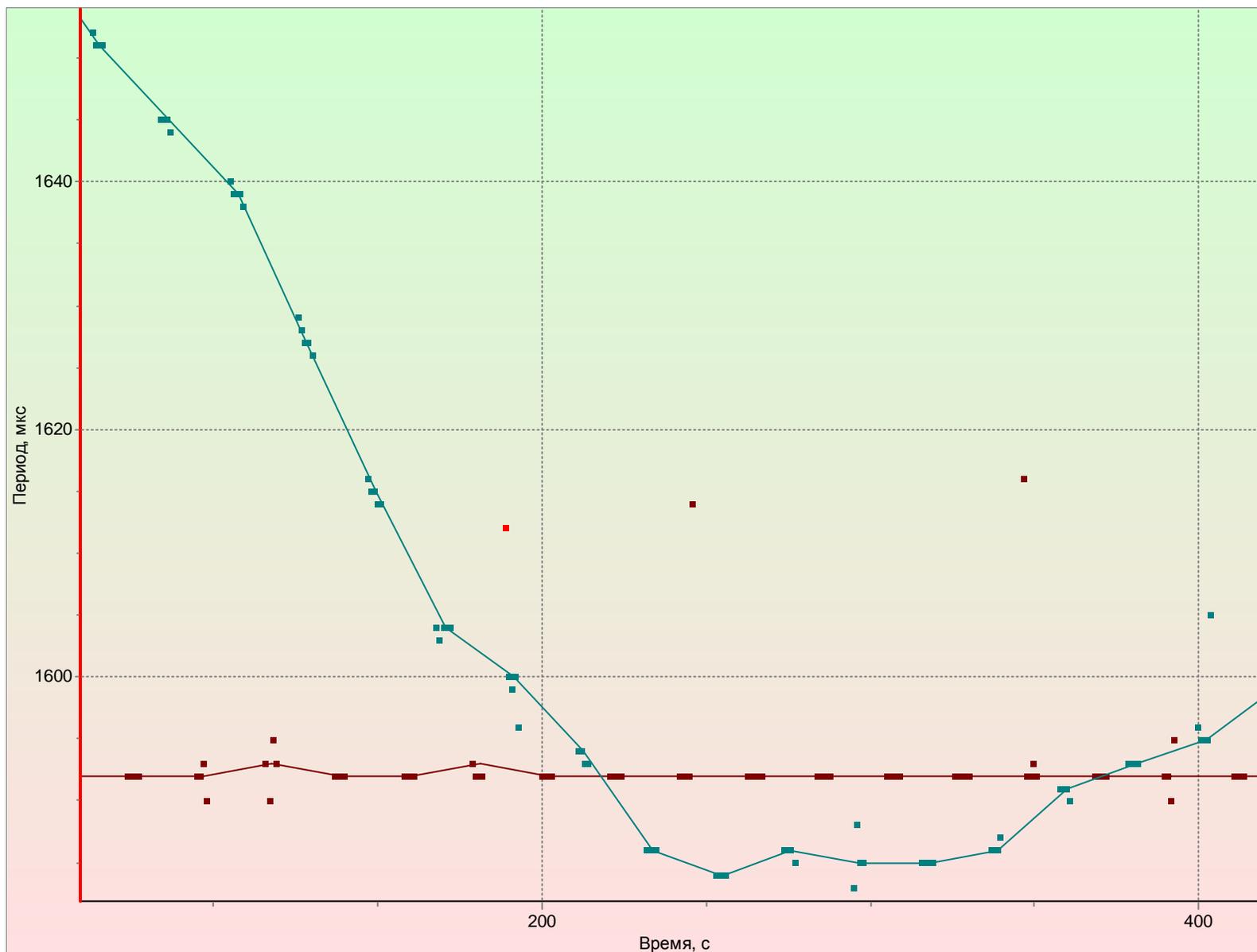


Рисунок 3.2-29. Пример пересечения телеметрических частот в опорном канале и канале влажности. Радиозонд АК-2.

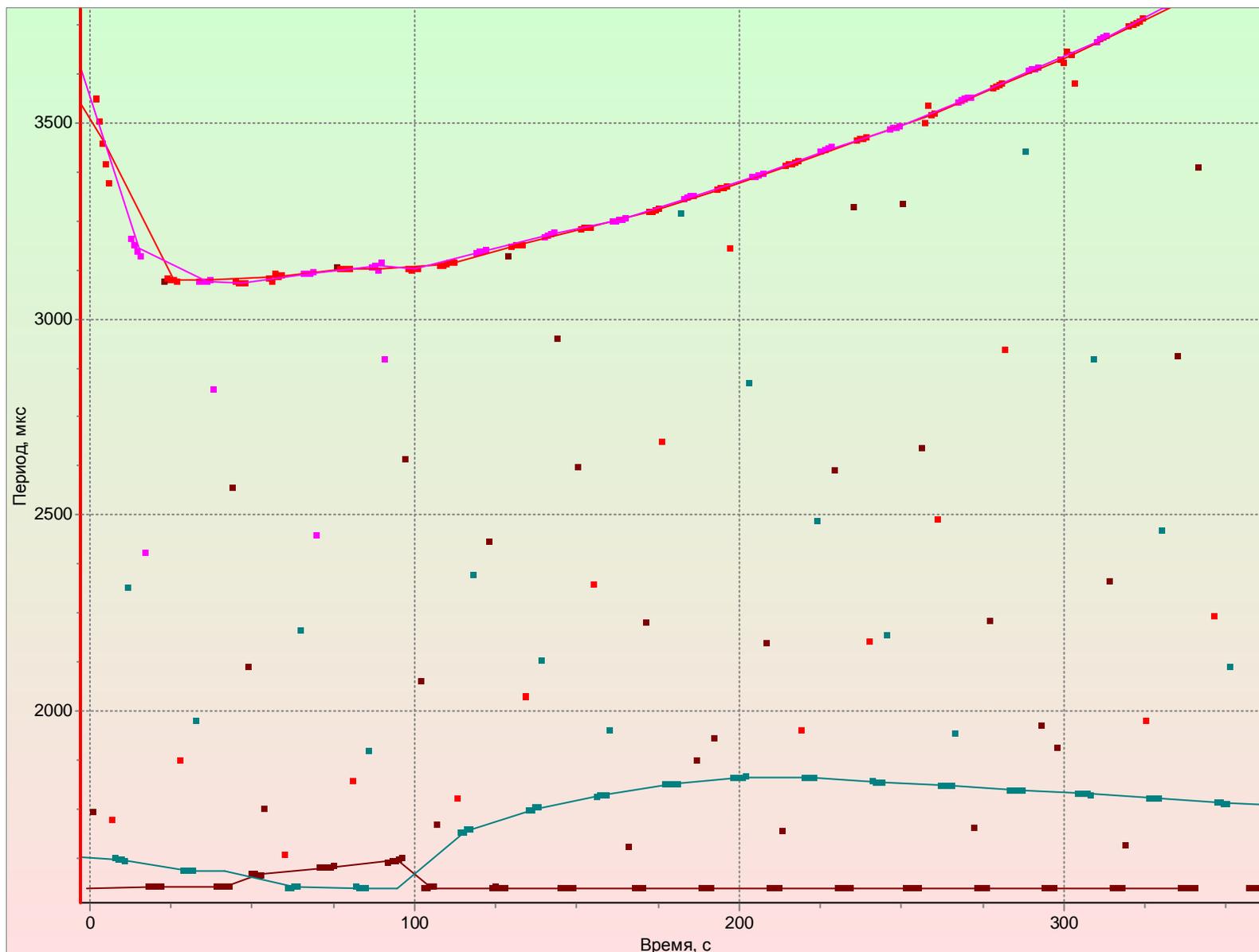


Рисунок 3.2-30. Сбой идентификации каналов опорной частоты и влажности - с 50 по 100 с периоды в канале влажности идентифицируются как опорные и наоборот. Радиозонд МРЗ-3А\*.

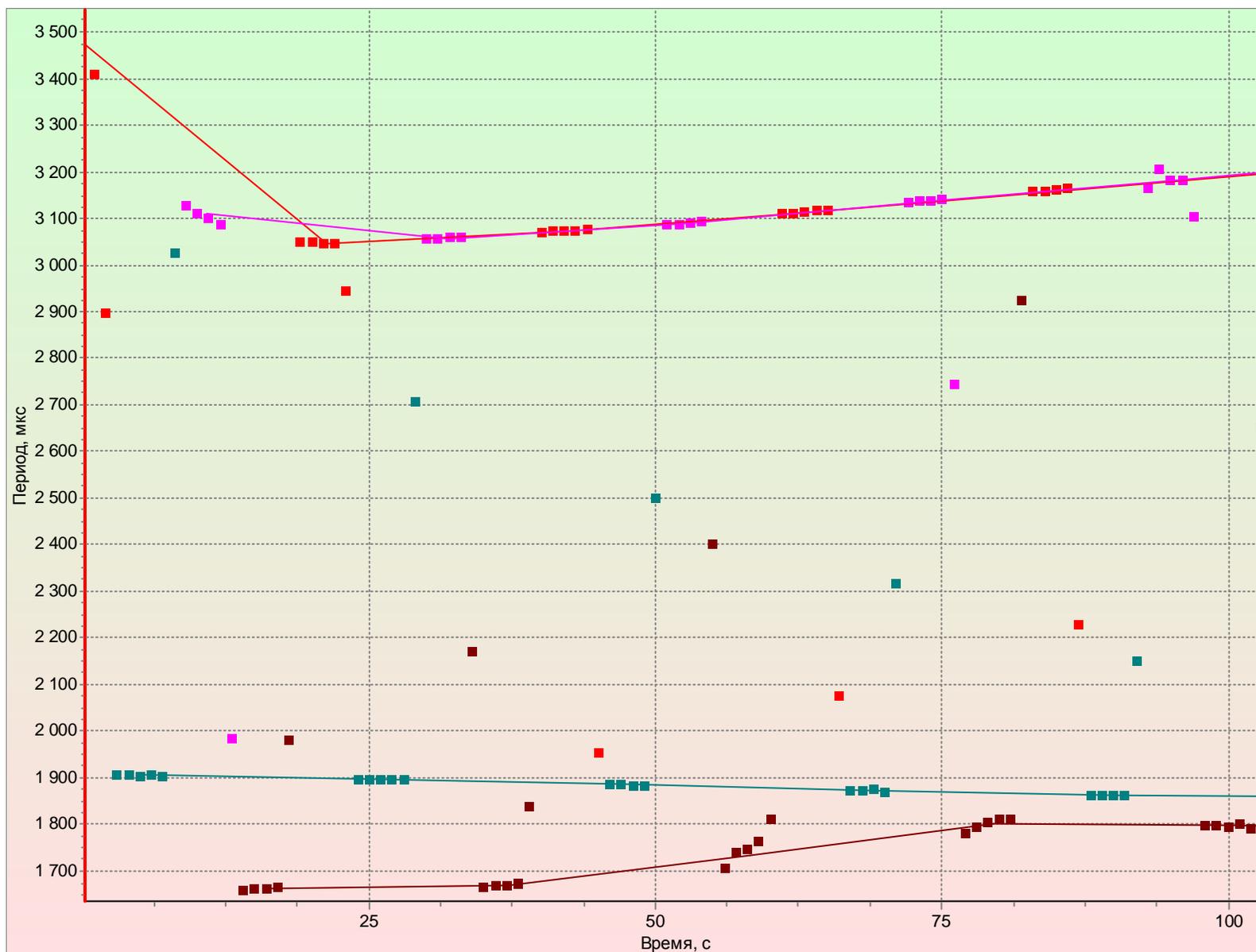


Рисунок 3.2-31. Выход периода следования импульсов в опорном канале за границы допустимых значений. Радиозонд МРЗ-3А\*. АВК-1 – АРМ Аэролога.

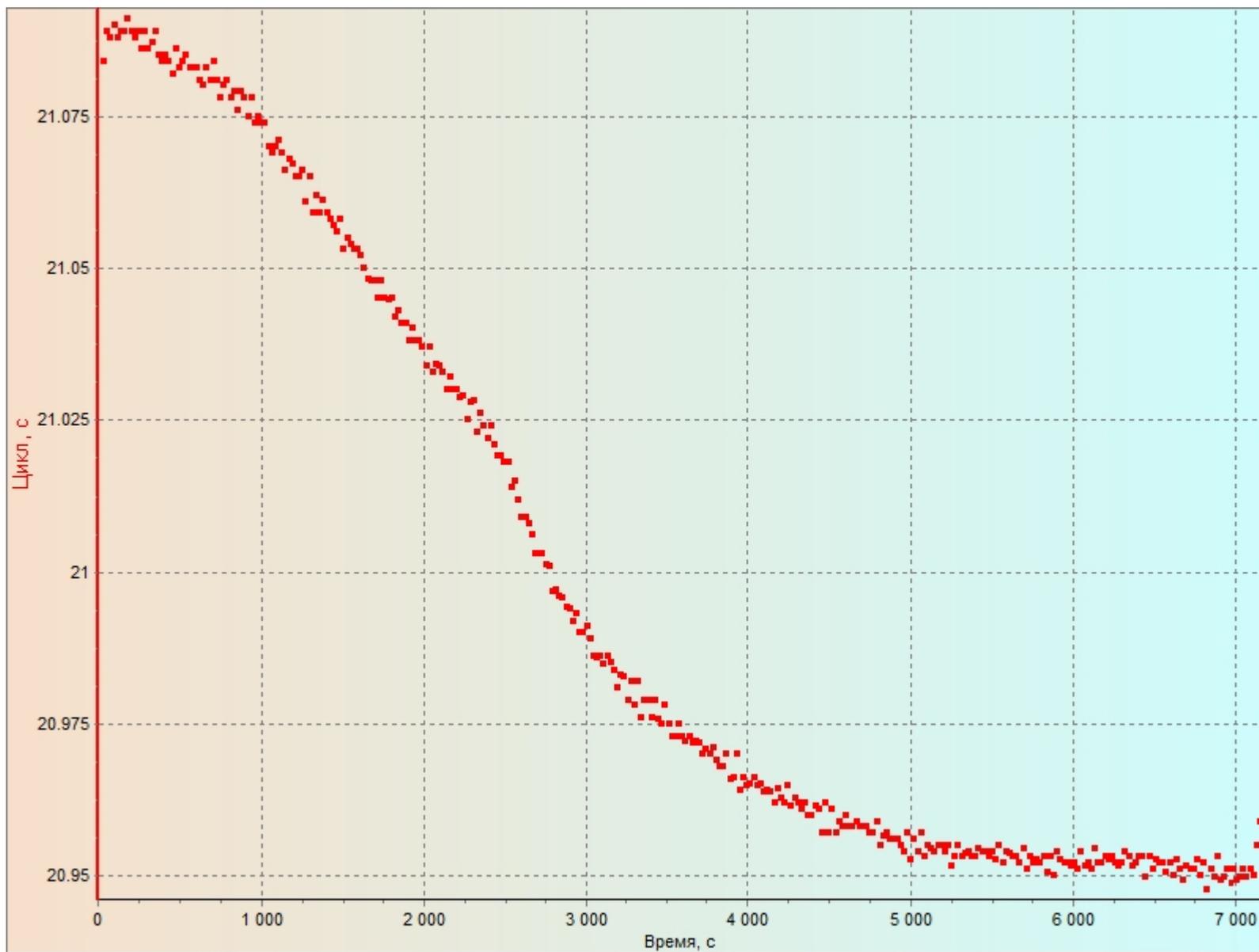


Рисунок 3.2-32. Изменение длительности телеметрического цикла радиозонда типа МРЗ-3А (тот же выпуск, что и на рисунке 3.2-1).

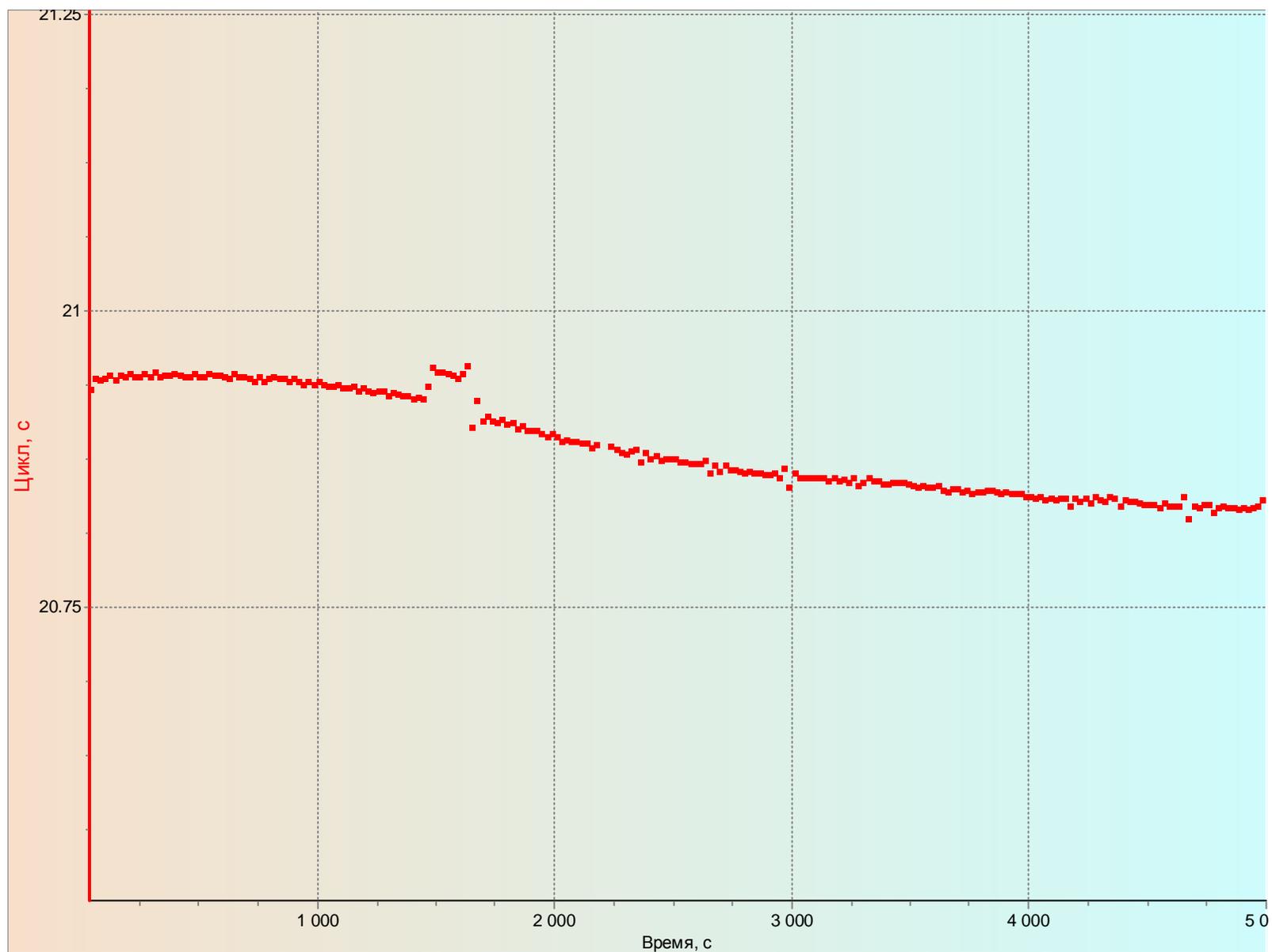


Рисунок 3.2-33. Изменение длительности телеметрического цикла в выпуске, показанном на рисунке 3.2-13.