**Работа по производственной практике студентов КТ МТУСИ «Измерения антенн на 868 МГц».**

На практике генеральным директором фирмы «Радиал» нам было дано задание. Оно заключалось в измерении запаса демодуляции с различными антеннами на сети LoRaWAN. Для выполнения задания нам были выданы: базовая станция Вега БС-2.2, POEблок питания для подключения БС к сети, антенны RAS-12-868-60, A10-868, A5-868, A10-868T, тестер сети LoRaWANВега ТС-11. После установки БС и антенны A10-868 на мачту мы отправились проводить замеры запаса демодуляции на улицах города и за его пределами.

Что такое запас демодуляции? Мы это истолковали как запас в мощности принимаемого сигнала. Дословно «насколько слабее может быть сигнал, чтобы БС и АУ могли его декодировать». То есть если мы имеем сигнал, приходящий от базовой станции, к примеру -100dBm, и запас демодуляции составляет +30 dBm, то сигнал может быть уровнем -130dBm, и абонент сможет его декодировать без ошибок и потерь пакетов.

## A10-868

Данные с координатами представлены в таблице ниже. Число с припиской “D” означает запас по получению данных от базовой станции к прибору, а приписка “u” означает запас на передачу данных к базовой станции.

| A10-868 | | |
|---|---|---|
| Запас демодуляции | Координаты измерения | Расстояние до БС |
| D23 u8 | 38.337099,57.543573 | 0м |
| D28 u26 | 38.334039,57.542993 | 200м |
| D23 u12 | 38.324676,57.536258 | 1100м |
| D19 u4 | 38.323689,57.536228 | 1150м |
| D19 u1 | 38.320982,57.52789 | 2000м |
| D25 u10 | 38.30388,57.523914 | 2900м |
| D23 u6 | 38.292509,57.532985 | 2900м (левый берег) |
| D22 u4 | 38.283135,57.529499 | 3600м |
| D27 u13 | 38.274739,57.52528 | 4250м |

Также представлена фотография этих точек на карте с подписями

Как видно из таблицы, запас на получение данных от БС достаточно большой. Малый и нестабильный запас на передачу данных, на наш взгляд, связан со слабой «пробивной» способностью сигнала на частоте 868МГц, а также с тем, что в приборе применяется малоэффективная антенна, на которую, к тому же, оказывало влияние тело человека, частично поглощая и переотражая сигнал.

## RAS-12-868-60

Далее была установлена панельная антенна RAS-12-868-60. Антенна менялась для того, чтобы узнать, как изменится запас демодуляции с направленной антенной.

Судя по данным из таблицы ниже, прирост в запасе есть, причем на прием данных от БС, на тех же позициях, где проводились измерения с антенной A10-868, запас почти не изменился, а на передачу данных к БС есть улучшение показателей.

| RAS-12-868-60 | | |
|---|---|---|
| Запас демодуляции | Координаты измерения | Расстояние до БС |
| D22 u5 | 38.323908,57.536019 | 1000м |
| D23 u13 | 38.31529,57.527949 | 1150м |
| D29 u28 | 38.299968,57.525287 | 3000м |
| D20 u10 | 38.297437,57.529594 | 2280м (за холмом, левый берег) |
| D26 u14 | 38.291368,57.532586 | 3000м (левый берег) |
| U27 d16 | 38.275291,57.525523 | 4200м |
| D25 u10 | 38.266851,57.521893 | 4800м |
| D22 u10 | 38.25883,57.51974 | 5350м |

| | | |
|---|---|---|
| D16 u6 | 38.320616,57.523878 | 2300м (в городе) |
| D23 u 10 | 38.3269,57.52656 | 1900м (в городе) |
| D22 u12 | 38.322186,57.539324 | 1000м (в городе) |

Ниже приведена фотография этих точек на карте

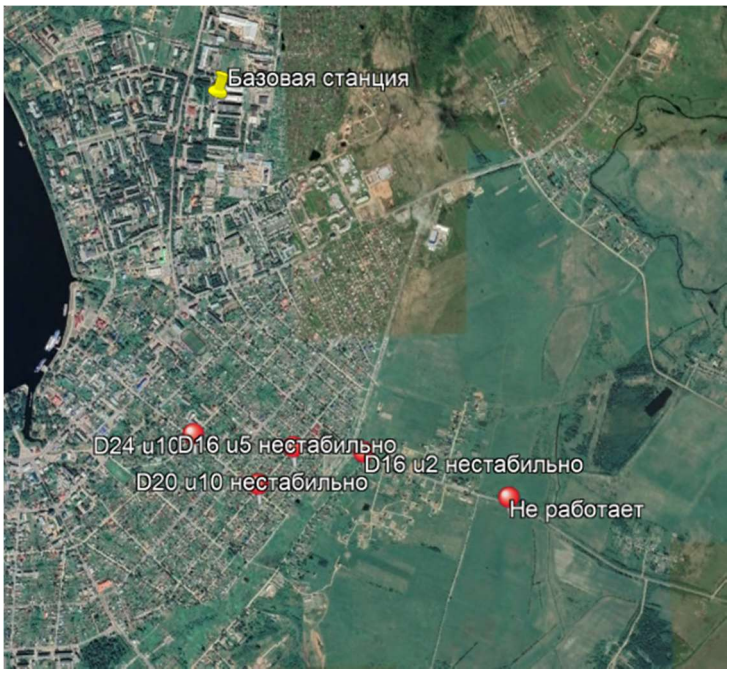
Еще были проведены измерения на краю диаграммы направленности в городских условиях. Выводы по этим измерениям будут ниже, после данных об антенне А5-868.

После измерений запаса демодуляции в ДН антенны, мы отправились измерять боковой лепесток.

Данные по измерениям представлены в таблице ниже

| RAS-12-868-60 боковой лепесток | | |
|---|---|---|
| Запас демодуляции | Координаты измерения | Расстояние до БС |
| D24 u10 | 38.334654,57.527205 | 1800м |
| D20 u10 нестабильно | 38.340534,57.524684 | 2100м |
| D16 u5 нестабильно | 38.343797,57.526498 | 1900м |
| D16 u2 нестабильно | 38.350261,57.526189 | 2100м |
| Не работает | 38.363525,57.523871 | 2700м |

Соответственно далее фотография этих точек на карте




На наш взгляд, нестабильность показаний связана с тем, что антенна не рассчитана на работу вне диаграммы направленности, а также на показания повлиял «недостаток» прибора, описанный выше. (см. испытания А10-868). Иногда сигнал проходил скорее всего из-за переотражений его от зданий и деревьев

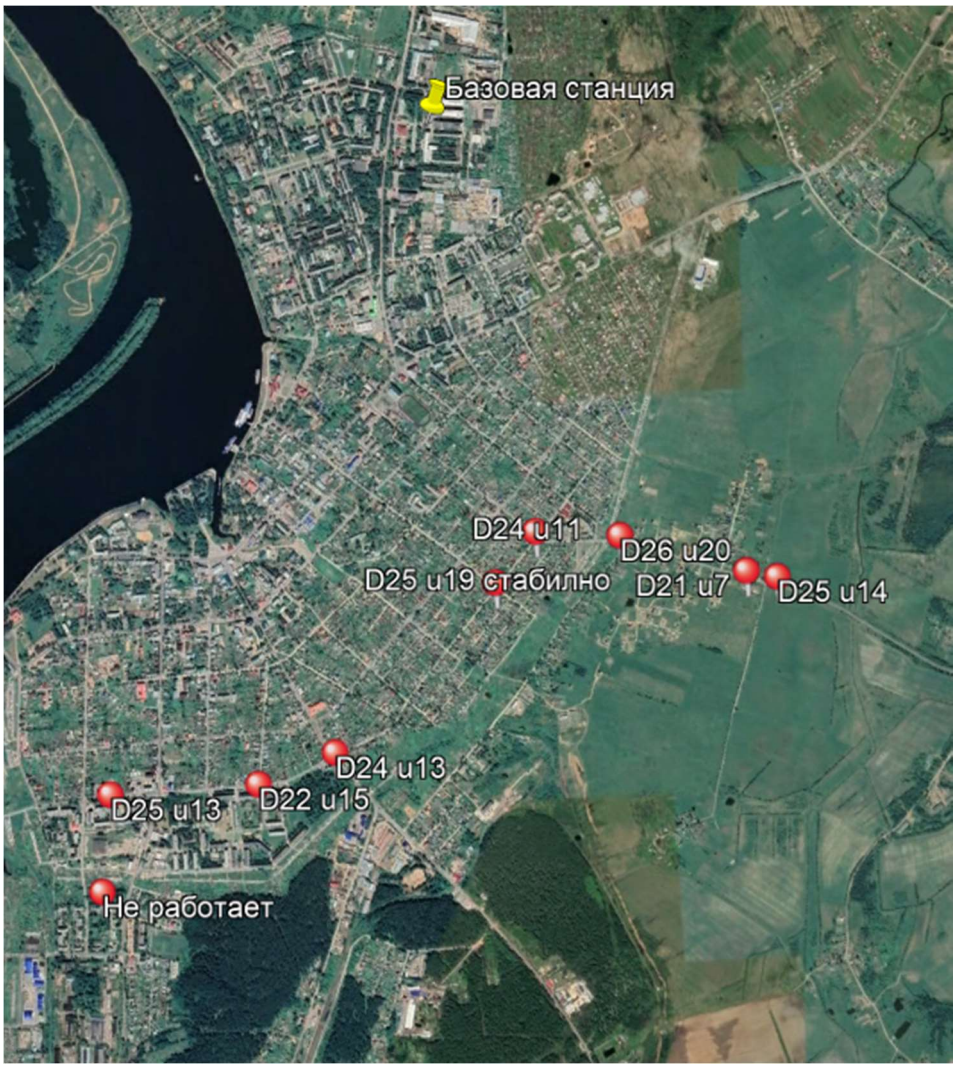
**А5-868**

Для начала стоит сказать, что эта антенна была неисправна, и нам пришлось искать причину поломки. После выявления и ликвидации неисправности мы измерили ее характеристики, настроили, установили и подключили к базовой станции.

Так как данные со всеми антеннами на расстоянии до 1 километра передаются стабильно, и запас демодуляции достаточно большой, мы начали измерения с дальней точки. Результаты в таблице ниже.

| A5-868 | | |
|---|---|---|
| Запас демодуляции | Координаты измерения | Расстояние до БС |
| Не работает | 38.30941,57.512734 | 3800м |
| D25 u13 | 38.310367,57.516669 | 3400м |
| D22 u15 | 38.321608,57.51681 | 3000м |
| D24 u13 | 38.327524,57.517945 | 2900м |
| D25 u19 | 38.340269,57.524535 | 2100м |
| D24 u11 | 38.343488,57.526533 | 1900м |
| D24 u11 | 38.343488,57.526533 | 1900м |
| D26 u20 | 38.349862,57.526208 | 2000м |
| D21 u7 | 38.359301,57.524532 | 2500м |
| D25 u14 | 38.361621,57.524228 | 2600м |

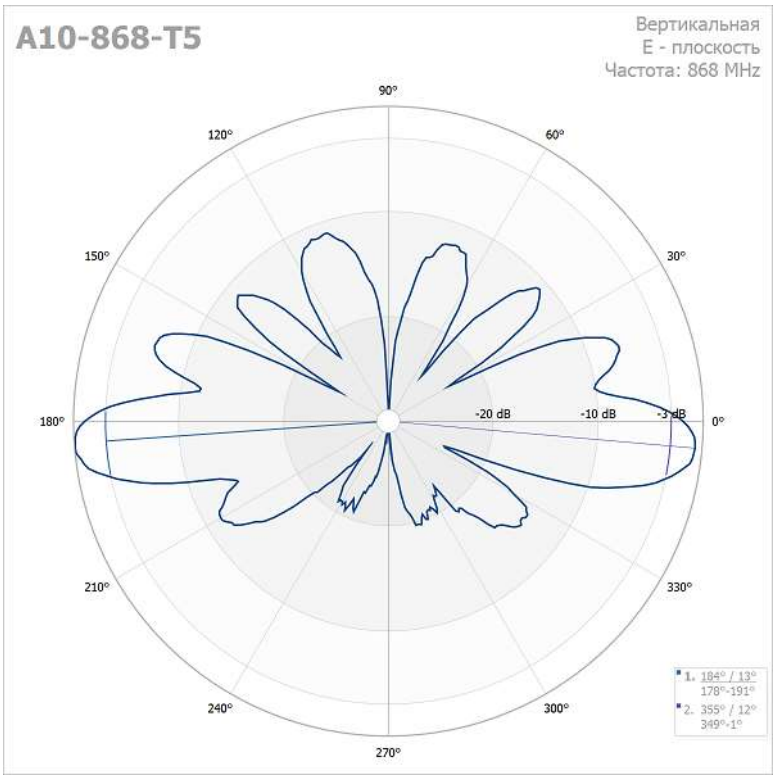
Точки на карте




Измерения проводились по тем точкам, где панельная антенна работала нестабильно. Также это пока что первая антенна, с которой нам удалось установить соединение из квартиры.

## A10-868T

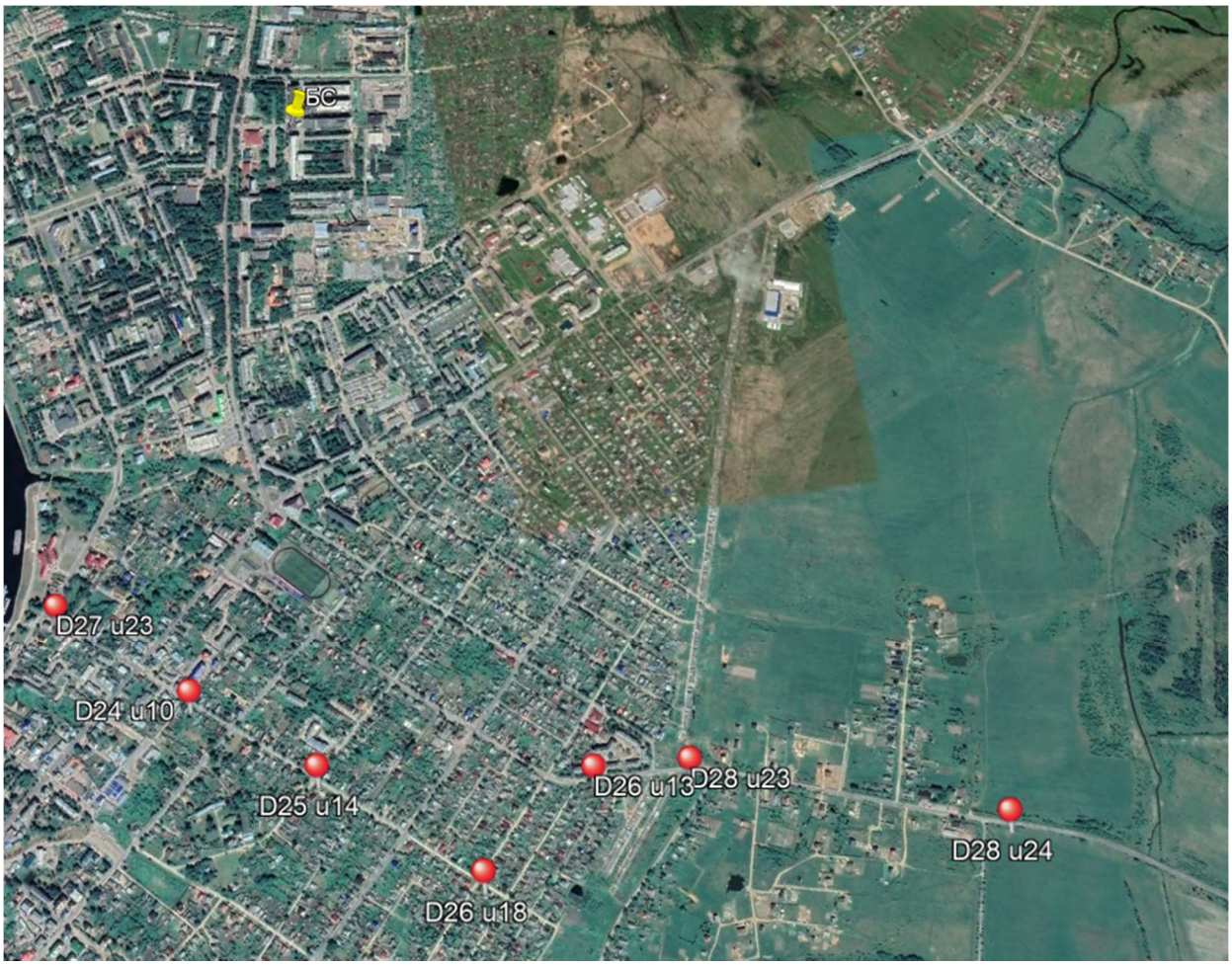
Буква «Т» в названии этой антенны означает, что ее диаграмма направленности наклонена




Было интересно, как изменится запас демодуляции на ближних и дальних дистанциях. Результаты можно увидеть в таблице ниже.

| A10-868T | | |
|---|---|---|
| Запас демодуляции | Координаты измерения | Расстояние до БС |
| D27 u23 | 38.324437,57.531721 | 1500м |
| D24 u10 | 38.329616,57.529323 | 1630м |
| D25 u14 | 38.334457,57.527266 | 1820м |
| D26 u18 | 38.340523,57.524503 | 2150м |
| D26 u13 | 38.345526,57.526372 | 2000м |
| D28 u23 | 38.349434,57.526232 | 2100м |
| D28 u24 | 38.361758,57.524112 | 2650м |

Также ниже фото на карте.




В целом сильного прироста в запасе на получение данных нет, однако базовая станция «слышит» наш тестер лучше, как на ближних дистанциях, так и на дальних. Ради эксперимента, на самой дальней точке мы провели дополнительное измерение с более широкополосным протоколом, и результат был не хуже, чем с более «пробивным».