

Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний технічний університет

1153

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

по роботі з панорамним вимірювачем  
амплітудно-частотних характеристик для студентів фахів  
6.090.701 "Радіотехніка", 6.160.103 "Системи захисту від несанк-  
ціонованого доступу" та 6.092400 "Телекомунікації"  
всіх форм навчання

2002

Методичні вказівки по роботі з панорамним вимірювачем амплітудно-частотних характеристик для студентів фахів 6.090.701 “Радіотехніка”, 6.160.103 “Системи захисту від несанкціонованого доступу” та 6.092400 “Телекомунікації” всіх форм навчання / Укл. В.П. Дмитренко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2002. - 16 с.

Укладач: В.П. Дмитренко, к.т.н., доцент

Рецензент: Л.М. Карпуков, к.т.н., доцент

Відповідальний  
за випуск В.П. Дмитренко, к.т.н., доцент

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
на засіданні кафедри  
“Радіотехніка”  
Протокол № 5  
від 22 жовтня 2002 р.

## ЗМІСТ

1	Основні відомості про прибор .....	5
2	Вказівки по мірам безпеки .....	7
3	Підготовка до роботи .....	8
3.1	Вихідне становище органів керування .....	8
4	Робота з прибором.....	9
4.1	Режими роботи.....	9
4.2	Підготовка до проведення вимірів .....	9
4.2.1	Підготовка до панорамного виміру КСХ або КП...9	
4.2.2	Підготовка до виміру КСХ та КП на фіксованій частоті .....	11
4.2.3	Підготовка до вимірів КП в логарифмічному режимі .....	11
4.3	Проведення вимірів .....	11
4.3.1	Панорамний вимір КСХ.....	12
4.3.2	Вимір КСХ на фіксованій частоті .....	13
4.3.3	Панорамне вимірювання КП .....	14
4.3.4	Вимір КП на фіксованій частоті .....	16
4.3.5	Вимір КП в логарифмічному масштабі.....	16
4.3.6	Вимір КСХ в логарифмічному масштабі .....	16

**ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

- АЧХ – амплітудно-частотна характеристика  
БП НВЧ – багатополіусник НЧ  
ГХЧ – генератор хитної частоти  
дБ – децибел  
ДС – детекторна секція  
ЕПТ – електронно-променева трубка  
КК – коаксіальний кабель  
КП – коефіцієнт передавання  
КРХ – коефіцієнт рухомої хвилі  
КСХ – коефіцієнт стоячої хвилі  
ПХ – прямокутний хвилевід  
ЛП – лінія передавання  
НВЧ – надвисокі частоти  
СВ – спрямований відгалужувач  
УН – узгоджене навантаження

## 1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРИБОР

В роботі вимірювача використовується принцип рефлектометру. Сутність його зводиться до того, щоб розділити сигнали, що пропорційні потужності хвилі, що падає від генератору, та хвилі, що відбивається від вимірюваного навантаження (при вимірюванні КСХ), або хвилі, що пройшла через досліджуваний пристрій (при вимірюванні КП). До складу вимірювача входять:

- генератор НВЧ;
- індикатор;
- два вимірювальні НВЧ вузли, кожен з яких має СВ та ДС.

В якості генератору НВЧ сигналу використовується генератор хитної частоти (ГХЧ). Його призначення – генерація НВЧ сигналів із змінною у часі частотою. Призначення індикатору – перетворення сигналів, що несуть інформацію про властивості досліджуваного пристрою в таку форму, яка б давала можливість як спостереження АЧХ на екрані ЕПТ, так і безпосереднього відрахунку КСХ (КРХ) та КП по шкалі.

Виділення падаючої та відбитої (або тої, що пройшла) хвиль здійснюється за допомогою двох СВ. В залежності від діапазону частот СВ виконуються або в хвилеводному (ПХ), або коаксіальному (КК) варіанті і мають відповідні використаному типу ЛП різні для підключення.

СВ мають детектори НВЧ сигналів на напівпровідникових НВЧ діодах, виконаних у вигляді вмонтованих ДС. При користуванні НВЧ ДС слід мати на увазі, що ці вузли не допускають різних механічних навантажень – поштовхи і т.і., а тому треба з ними поводитись дуже обережно. Хвилеводні СВ вмикаються в тракт за допомогою фланцевих з'єднувачів, а коаксіальні – рознімів. Особливо відмітимо, що найменша необережність при підключенні СВ або їх перекомутаціях в тракті (перекос різьби, неспіввісність, різкі механічні поштовхи і т.і.) може призвести до обламвання контактних пелюсток рознімів і, як наслідок, до безповоротного зіпсування СВ, а відповідно і втрати працездатності панорамного випромінювача в цілому. По цій причині висувається категорична вимога: **ЗБИРАННЯ, РОЗБИРАННЯ ТА ПЕРЕКОМУТАЦІЇ ВИКОНУВАТИ ТІЛЬКИ ЗА УЧАСТЮ ВИКЛАДАЧА.**

До порушників цієї вимоги будуть застосовані строгі міри покарання, серед них – компенсація матеріальної втрати.

## 2 ВКАЗІВКИ ПО МІРАМ БЕЗПЕКИ

При роботі з вимірювачем необхідно виконувати загальні правила техніки безпеки при роботі з НВЧ приладами.

При збиранні, розбиранні або перекомутаціях тракту тумблер “СВЧ” на ГХЧ повинен знаходитись в положенні “вимкнено”.

Категорично забороняється експлуатувати вимірювач зі знятими кришками.

При роботі з вимірювачем корпуси ГХЧ та індикатору повинні бути надійно заземлені.

Біля робочого місця не повинно бути джерел сильного електричного та магнітного полів.

## 3 ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ

### 3.1 Вихідне становище органів керування

На передній панелі індикатору:

- тумблер “СЕТЬ” – нижнє (вимкнено);
- перемикач “ПРЕДЕЛЫ” – становище “пад”;
- ручки “калибр”, “пад”, “метка” – крайнє лїве становище;
- ручка “отсчет” – становище, що відповїдає значенню 2 мВ по шкалі індикатору;
- кнопка “М” – натиснута;
- кнопка “КОРРЕК” – відтиснута;
- кнопка “10 дБ” – відтиснута;
- регулятори встановлення  $\leftrightarrow$ ,  $\updownarrow$ , фокусування  $\odot$  – середнє становище, яскравості  $\star$  – крайнє праве становище.

На задній стїнці індикатору:

- тумблер “СМЕЩЕНИЕ” – “+”;
- регулятор “УСИЛЕНИЕ X” – середнє;
- регулятор “СМЕЩЕНИЕ” – середнє;
- регулятор “КОНТР. УРОВЕНЬ” – крайнє лїве;
- в рознїм “БЛОК ЦИФРОВОЙ” – замикач з комплекту індикатору.

На передній панелі ГХЧ:

- тумблер “СЕТЬ” – нижнє (вимкнено);
- перемикач “АМ” – “ВНУТР”;
- перемикач “ВР. ПЕРЕСТРОЙКИ S” – “0.08”;
- перемикач “РЕЖИМ ПЕРЕСТРОЙКИ” – “F1-F2”;
- ручка “F1,F0” – крайнє лїве;
- ручка “F2,F” – крайнє праве;
- ручки “M1”, “M2” – середнє;
- ручки “АМПЛИТУДА M1”, “M2” – середнє;
- тумблер “СВЧ” – нижнє (вимкнено);
- перемикач “АРМ” – “ВНЄШ. АМ”;
- ручка “УРОВЕНЬ” – крайнє праве.

Під’єднати блоки індикатору та ГХЧ до мережі 220 В з частотою 50 Гц.

## 4 РОБОТА З ПРИБОРОМ

### 4.1 Режими роботи

Вимірювач може працювати в наступних режимах:

- Панорамне вимірювання КСХ та КП. При роботі в цьому режимі вимірювач калібрується у всій смузі робочих частот відповідно цьому опису; досліджувана характеристика КСХ або КП спостерігається в бажаній частотній смузі. Цей режим рекомендується при настроюванні та регулюванні НВЧ вузлів.
- Вимірювання КСХ та КП на фіксованій частоті. При роботі в цьому режимі вимірювач калібрується на фіксованих частотах і параметри вимірюються на цих частотах з підвищеною точністю.
- Режим огляду АЧХ КСХ або КП в логарифмічному масштабі. Цей режим рекомендується при роботі з такими НВЧ вузлами, у яких значення КСХ та КП може змінюватися в широких межах у заданій смузі частот.

### 4.2 Підготовка до проведення вимірів

#### 4.2.1 Підготовка до панорамного виміру КСХ або КП

4.2.1.1 З'єднати вузли та блоки відповідно до структурної схеми на рис. 4.1 (калібрування). Включити індикатор та ГХЧ, дати їм прогрітися протягом 15 хвилин.

4.2.1.2 Встановити обертанням ручки «СМЕЩЕНИЕ» (на задній панелі індикатору) напругу  $0,7 \pm 0,05$  В в рознімі «ОТРАЖ» (на лицьовій панелі індикатору). Напруга контролюється вольтметром з входним опором не менше, ніж 1 Мом.

4.2.1.3 Відрегулювати поворотом вісей резисторів  $\leftrightarrow$ ,  $\updownarrow$ ,  $\odot$ ,  $\otimes$ , «УСИЛЕНИЕ X» становище, фокусування, яскравість та довжину ліній, які спостерігаються на екрані ЕПТ індикатору.

4.2.1.4 Встановити граничні частоти робочої смуги:

- натиснути кнопку «F1»;
- встановити ручкою «F1-F0» по цифровому індикатору частотоміру нижню межу частотної смуги;
- натиснути кнопку «F2»;
- встановити, аналогічно, ручкою «F2,F» верхню межу частотної смуги.

4.2.1.5 Встановити рівень потужності ГХЧ:

- встановити перемикач «ПРЕДЕЛЫ» в положення «ПАД»;



- встановити ручкою “ОТСЧЕТ” візир шкали індикатору на відмітку 2 мВ;
- сумістити ручками “УРОВЕНЬ” та “ПАД” лінію падаючої потужності, що спостерігається на екрані ЕПТ, з лінією електронного візиру.

4.2.1.6 Перевірити наявність та межі регулювання частотних місток:

- встановити ручками “М1”, “М2”, “АМПЛИТУДА М1”, “АМПЛИТУДА М2” та “МЕТКА” частотні мітки на екрані ЕПТ індикатору;
- почерговим прокручуванням згаданих ручок впевнитись в можливості регулювання амплітуди міток в межах 0...5 мм, після цього встановити зручну для відліку амплітуду (2...3 мм);
- сумістити ручками “М1” та “М2” мітки з початком та кінцем лінії електронного візиру, що спостерігається на екрані ЕПТ.

4.2.1.7 Відкалібрувати прибор в смузі частот:

- встановити перемикач “ПРЕДЕЛЫ” в положення “0”;
- встановити ручкою “ОТСЧЕТ” візир на відмітку “0” по верхній (лінійній) шкалі “дВ”;
- ручкою “КАЛИБР” сумістити на екрані ЕПТ лінію калібрування (ту, що спостерігаємо) з відрахівною лінією так, щоб відрахівна лінія проходила посередині лінії калібрування;
- виміряти нерівномірність лінії калібрування, для цього ручкою “ОТСЧЕТ” сумістити лінію електронного візиру з максимальним та мінімальним відхиленнями калібрування; якщо відхилення, відраховані по верхній шкалі “дВ” індикатору, перевищують  $\pm 0,3$  дБ в робочій смузі частот, то треба звернутись до викладача і під його наглядом провести коригування лінії калібрування.

4.2.1.8 Для коригування лінії калібрування треба:

- натиснути кнопку “КОРРЕК”;
- встановити вісі резисторів “ШИР”, “ПОЛОЖ”, “АМПЛ” в крайнє ліве положення;
- обертанням вісі резистору “ПОЛОЖ” верхнього ряду сумістити дзвіноподібний компенсувальний імпульс з тим місцем лінії калібрування, яке треба коригувати;
- встановити резистором “АМПЛ” того ж ряду полярність та величину компенсувального імпульсу так, щоб компенсування нерівномірності було найкращим. Провести, при необхідності,

уточнення коригування обережним обертанням вісей всіх резисторів верхнього ряду почергово;

- аналогічно провести коригування нерівномірності, що залишилася, використанням других трьох рядів резисторів;
- провести вимір нерівномірності лінії калібрування відповідно до п. 4.2.1.7; якщо нерівномірність перевищує  $\pm 0,3$  дБ, то повторити коригування більш ретельно.

Треба мати на увазі, що при обертанні вісі резистору “ШИР” можлива зміна становища коригувального імпульсу. При цьому необхідно обертанням вісі резистору “ПОЛОЖ” відновити становище імпульсу.

#### **4.2.2 Підготовка до виміру КСХ та КП на фіксованій частоті**

4.2.2.1 Провести операції відповідно до п. 4.2.1. Після цього:

- встановити перемикач “ВР. ПЕРЕСТРОЙКИ S” в становище “РУЧ”;
- встановити ручкою “РУЧ” по цифровому індикатору ГХЧ необхідну частоту;
- ручкою “КАЛИБР” сумістити крапки на екрані ЕПТ.

#### **4.2.3 Підготовка до вимірів КП в логарифмічному режимі**

Провести операції відповідно до п. 4.2.1. Після цього:

- натиснути кнопку “ЛОГ”;
- встановити ручкою “ОТСЧЕТ” (на панелі індикатору) візир на відмітку “0” по логарифмічній шкалі;
- обертанням ручки “КАЛИБР” добитись суміщення лінії калібрування з лінією електронного візиру.

### **4.3 Проведення вимірів**

КСХ в *i*-ому плечі БП НВЧ (КСХ<sub>*i*</sub>) визначається по формулі:

$$КСХ_i = \frac{1 + |\dot{S}_{ii}|}{1 - |\dot{S}_{ii}|},$$

а КП з плеча *j* в плече *i* (КП<sub>*ij*</sub>) – по формулі:

$$КП_{ij} = 10 \lg \left( \frac{1}{|S_{ij}|^2} \right).$$

Тут  $\dot{S}_{ii}$ ,  $\dot{S}_{ij}$  - елементи матриці розсіювання БП НВЧ.


Оскільки елементи матриці розсіювання визначаються в режимі узгодженого навантаження, то при проведенні вимірів КСХ та КП багатовходових НВЧ вузлів (СВ, циркулятори і т.і.) треба всі ті плечі, що не підключені до схеми панорамного вимірювача навантажити на узгоджені навантаження з комплекту лабораторного стенду.

#### 4.3.1 Панорамний вимір КСХ

В залежності від виду виконуваної роботи може бути обрано один з наступних режимів виміру:


- режим періодичного перестроювання частоти рекомендовано застосовувати для настроювання та налагодження вузлів, де необхідно визначення граничних значень вимірюваної величини;
- режим ручного перестроювання частоти рекомендовано застосовувати при точних вимірах КСХ та КП.

4.3.1.1 Для роботи з вимірювачем в режимі періодичного перестроювання частоти треба:

- підготувати вимірювач відповідно до необхідного режиму;
- з'єднати вузли вимірювального тракту відповідно схемі на рис. 4.3 та під'єднати вимірюваний пристрій;
- встановити перемикачем "ВР. ПЕРЕСТРОЙКИ S" бажаний період розгортання 0.08, 1, 10, 40 сек;
- при періоді 40 сек виконати запуск розгортання за допомогою кнопки "ПУСК", періоди розгортання 1, 10, 40 сек рекомендовано при точних вимірах; при цьому треба натиснути кнопку ;
- поставити перемикач "ПРЕДЕЛЫ" в таке становище, щоб крива КСХ зайняла на екрані таке становище, яке зручне для спостереження та виміру;
- рукою "ОТСЧЕТ" сумістити відрахівну лінію на екрані ЕПТ з потрібною точкою на кривій КСХ та по відрахівному пристрою шкали КСХ індикатору відрахувати виміряне значення;

- для визначення частоти, що відповідає потрібній точці на кривій точці КСХ треба натиснути кнопку “М1”, ручкою “М1” сумістити частотну мітку з цією точкою і по цифровому індикатору ГХЧ відрахувати значення частоти.

4.3.1.2 Для роботи з вимірювачем в режимі ручного перестроювання частоти треба:

- підготувати та відкалібрувати вимірювач перед виміром КСХ відповідно до методики п. 4.2.1;
- натиснути кнопку ;
- під'єднати вимірюваний пристрій відповідно до схеми на рис. 4.3;
- встановити перемикач “ВР. ПЕРЕСТРОЙКИ S” в положення “РУЧ”;
- ручкою “РУЧ” встановити по цифровому індикатору ГХЧ необхідну частоту виміру;
- поставити перемикач “ПРЕДЕЛЫ” в таке становище, при якому крапка сигналу зручно розташована на екрані ЕПТ (близько до середини екрану ЕПТ);
- ручкою “ОТСЧЕТ” сумістити точку електронного візиру з точкою сигналу та провести відлік вимірюваного значення по шкалі КСХ.

При зміні частоти виміру перекалібрування не вимагається.

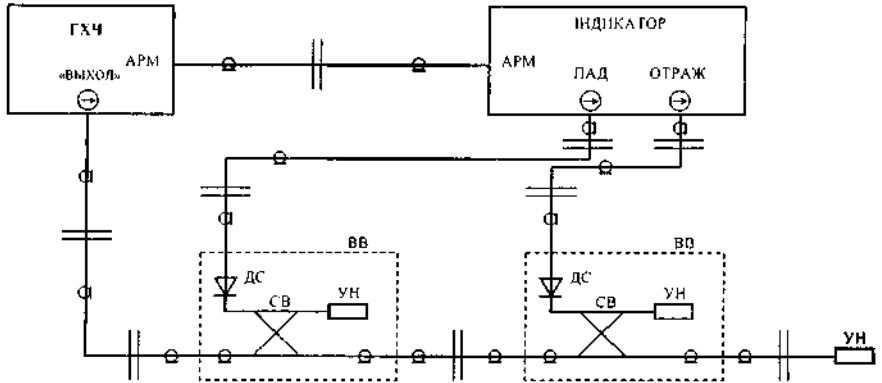
#### **4.3.2 Вимір КСХ на фіксованій частоті**

Оскільки цей режим використовується при точних вимірах, то при зміні частоти виміру необхідно провести калібрування на потрібній частоті; ручкою “ОТСЧЕТ” сумістити точку лінії електронного візиру в місці знаходження частотної мітки з відповідною точкою характеристики КСХ та відрахувати результат по шкалі КСХ індикатору.

#### **4.3.3 Панорамне вимірювання КП**

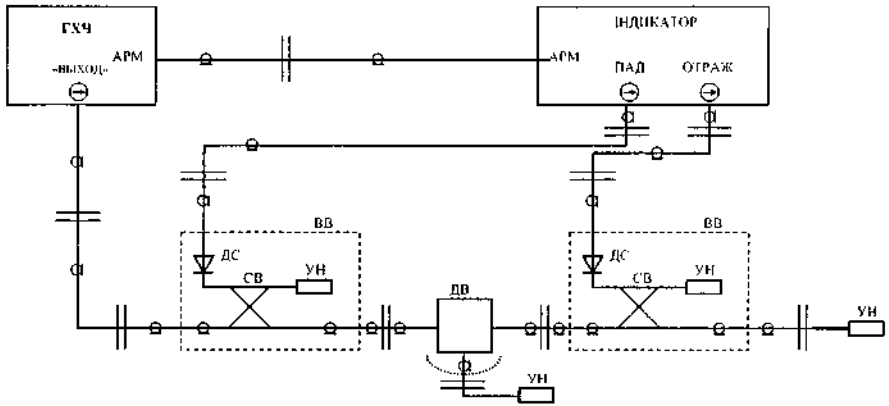
Підготувати вимірювач до вимірів відповідно до п. 4.2.1.

Зібрати схему відповідно до рис. 4.2 та під'єднати вимірювальний пристрій. В залежності від виду виконуваної роботи, можна вибрати один із режимів виміру відповідно до п. 4.3.1.



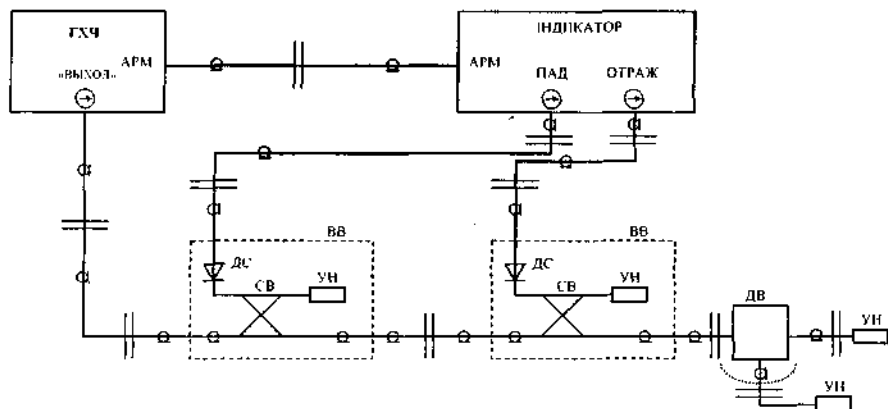
ВВ – вимірювальний НВЧ вузол  
 ДС – детекторна секція  
 СВ – спрямований відгалужувач  
 УН – узгоджене навантаження

Рисунок 4.1 – Схема електрична структурна для калібрування



ДВ – досліджуваний НВЧ пристрій


Рисунок 4.2 – Схема електрична структурна для виміру КП



ВВ – вимірювальний НВЧ вузол  
 ДС – детекторна секція  
 СВ – спрямований відгалужувач  
 УН – узгоджене навантаження  
 ДВ – досліджуваний НВЧ пристрій

Рисунок 4.3 – Схема електрична структурна для виміру КСХ

4.3.3.1 Вимір КП в режимі хитання частоти. В режимі хитання частоти треба:

- встановити перемикачем “ВР. ПЕРЕСТРОЙКИ S” бажаний період розгортки 0,08, 1, 10, 40 сек;
- при періоді 40 сек запуск розгортання виконується за допомогою кнопки “ПУСК”;
- періоди розгортання 1, 10, 40 сек рекомендовано при вимірі великого загасання; при цьому треба натиснути кнопку ;
- встановити перемикач “ПРЕДЕЛЫ” так, щоб АЧХ КП (крива ослаблення) зайняла на екрані ЕПТ таке становище, яке зручне для спостереження та виміру;
- ручкою “ОТСЧЕТ” сумістити лінію електронного візиру з потрібною точкою на АЧХ КП;
- провести відлік по лінійній шкалі “дВ”;
- визначити вимірне значення ослаблення (КП), як алгебраїчну суму показань перемикача “ПРЕДЕЛЫ” та відліку по лінійній шкалі “дВ”.

4.3.3.2 Вимір КП в режимі ручного перестроювання частоти. Виконується аналогічно п. 4.3.1.2.

#### 4.3.4 Вимірювання КП на фіксованій частоті

Підготувати до роботи і відкалібрувати вимірювач перед вимірами відповідно до п. 4.2.2.

Під'єднати вимірювальний об'єкт відповідно до схеми на рис. 4.2 та виміряти ослаблення (КП) аналогічно до п. 4.3.3.

#### 4.3.5 Вимір КП в логарифмічному масштабі

Підготувати вимірювач до роботи відповідно до п. 4.2.3.

Під'єднати вимірюваний об'єкт до вимірювального тракту відповідно схеми на рис. 4.2 (при вимірі КП), або рис. 4.3 (при вимірі КСХ). АЧХ по КСХ або КП можна спостерігати безпосередньо на екрані ЕПТ.

Провести вимір КП за допомогою електронного візюру, результат відрахувати на логарифмічній шкалі індикатору.

#### 4.3.6 Вимір КСХ в логарифмічному масштабі

При вимірі КСХ необхідно перевести результат з децибел в одиниці КСХ відповідно до табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Таблиця переведу логарифмічних величин в відносні (безрозмірні)

дБ	КСХ	дБ	КСХ	дБ	КСХ
1	17,4	15	1,432	29	1,073
2	8,7	16	1,376	30	1,065
3	5,8	17	1,328	31	1,058
4	4,4	18	1,288	32	1,052
5	3,56	19	1,252	33	1,045
6	3,00	20	1,222	34	1,041
7	2,61	21	1,195	35	1,036
8	2,32	22	1,172	36	1,032
9	2,099	23	1,152	37	1,028
10	1,924	24	1,134	38	1,025
11	1,784	25	1,119	39	1,023
12	1,670	26	1,105	40	1,020
13	1,576	27	1,093		
14	1,498	28	1,083		