

**1**

2

3

4

5

6

7

## 8 1 План

- 9     • Розраховано калібрувальну криву, для реконструкції позиції треків від-  
10       носно центру дрейфової трубки для МІР(minimum ionising particles -  
11       мінімум іонізуючих часток) на прикладі мюонів з енергією 1 GeV  
12       (знаходиться обернена залежність  $r(t)$  від розподілу "час дрейфу  $t$  як  
13       функція положення  $r$  треку відносно проводу").
- 14     • Провів симуляцію 50 тисяч треків через дрейфову трубку випадковим  
15       чином з рівномірним розподілом. По аналізу сигналу кожного треку  
16       було визначено час дрейфу електронів і реконструйовано розподіл по-  
17       зиціонування кожного треку. По отриманим даним було побудовано ді-  
18       аграми густини розподілу відхилення  $r_{real} - r_{reconstructed}$  як функція  
19       від  $r_{real}$ .
- 20     • Після врахування всіх ефектів, що можуть впливати на вхідний си-  
21       гнал необхідно реєструвати час приходу сигналу подібно дискриміна-  
22       тору імпульсів і використати даний алгоритм в для даних Garfield для  
23       побудови калібрувальної кривої і решти розрахунків.

## 24 2 Теоретичний вступ

25 Рідкісні розпади  $K \rightarrow \pi \nu \bar{\nu}$  є чудовим знаряддям вивчення фізики ароматів  
26 із-за своєї чистої природи. Дякуючи сильному GIM механізму, ці розпа-  
27 ди є домінуючими в короткодистанційній динаміці. Окрім того, коротко-  
28 дистанційна амплітуда регулюється лише єдиним напівлептонним опера-  
29 тором, чий адронний матричний елемент вимірюється експериментально з  
30 аналізу даних від напівлептонних розпадів. Фактично це означає, що най-  
31 більші теоретичні невизначеності в цьому випадку можуть бути перевірені  
32 чисто експериментально.

33 Так як пара нейтрино-антинейтрино є частинками які фактично немо-  
34 жливо зареєструвати а тим більше визначити їх треки, то козпад  $K^+$  визна-  
35 чається лише по треку дочірньої  $\pi^+$  частинки. Тож для реконструкції  
36 вершини розпаду необхідно знати часові та просторові характеристики тре-  
37 ків від  $K^+$ ,  $\pi^+$  та всіх інших частинок, суміжних з даною реакцією та інши-  
38 ми фоновими процесами з точністю необхідною для виявлення причинно-  
39 наслідкового зв'язку.

40 Конкуруючими процесами до розпаду  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu} \in K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ ,  $K^+ \rightarrow$   
41  $\mu^+ \nu$  та  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^-$  розпади.

## 42 3 Формулювання задачі

43 Для визначення треків заряджених  $\pi$  та  $\mu$  частинок в експерименті SHiP  
44 пропонується використовувати детекторну систему на базі дрейфових тру-  
45 бок.

46 Для цієї трекової детекторної системи ствиться декілька вимог:

- 47 • забезпечити необхідну точність визначення треку на рівні  $100\mu m$
- 48 • ефективна товщина системи не повинна перевищувати 2% радіаційної  
49 довжини
- 50 • точність визначення імпульсу частинки має бути на рівні 0.5% або ж  
51 нижче.

52 Виконання всіх цих вимог дозволить отримати роздільну здатність по масі  
53 на рівні  $10^{-3} GeV^2/c^4$ , що має бути достатньо для поставленої задачі.

## 54 4 STRAW tubes

55 The option for STRAW tubes is similar as in NA62 experiment with one main  
56 difference – the length is twice longer(  $5m$  versus  $2.1m$ ).

57 The next table. 1 describe STRAW tube options.

Parameter name	Value
wire	$30\mu m$ gold-plated Tungsten
straw length	$5m$
Voltage	$1750V$
inner tube radius	$9.8\text{ mm}$
wire medium density	$19.3\text{ g/cm}^3$
Wire tension	$\sim 90\text{ g}$
Working tube gas mixture	$Ar70\%\text{ CO}_230\%$

Табл. 1: STRAW tube parameters

## 58 5 Signal

59 Computer program Garfield [1] is designed for detailed simulation of two- and  
60 three-dimensional drift chambers. So we will perform STRAW tube studies using  
61 this program.

62 Charged particle create elector-ion pairs wile traverse the drift tube. Electrons  
63 under affecting the electric field drift to the wire anode 1. During the travel they  
64 increase their energy and invoke avalanche. Therefore they produce a measurable  
65 signal.

66 Initial electrons drift to the wire due to the electrical field between the wire  
67 and the tube wall. Electrons ionize gas molecules due to the high electric field  
68 around the wire, especially near the wire when the electric becomes very strong.  
69 Subsequently readout electronics process the signal induced on the wire.

70 The event registers if signal reach some a threshold voltage (Fig. 2). So the  
71 value of threshold is a key factor on the way of searching optimal setting for  
72 signal processing procedure.

73 We have to set threshold as low as possible but enough far from noise to  
74 achieve highest value of relation true/false detected track and tube efficiency.

75 A variation of the signal height introduces a variation in the time when the  
76 signal passes the threshold and is considered to be the main contribution to the  
77 STRAW tracker resolution.

78 In the track reconstruction software(GARFIELD [1] an effective TR-relation  
79 is used. It only describes the relation between the drift time and the distance  
80 from the track to the wire, which differs from the distance to the ionization  
81 cluster. The shape of the TR-relation is defined by the drift velocity of the  
82 ionization cluster inside the straw. The electric field increases towards the wire,  
83 leading to a non linear TR-relation. Currently almost parabolic dependence is  
84 used, and easily can be fitted by function (5).

85 The drift time versus the unbiased distance distribution and the result of the  
86 fit are shown in Fig. 12. Noise hits under the main distribution, i.e. at earlier  
87 times, are due to primary or secondary particles ( $\delta$ -rays) passing the straw at a  
88 closer distance to the wire, consequently producing an earlier signal.

89 Muon  $\mu$  was chosen as test particle for simulation with energy  $1GeV$ . You  
90 can see some of typical tracks from the  $\mu$  through the tube Fig.7a,7b. Initial

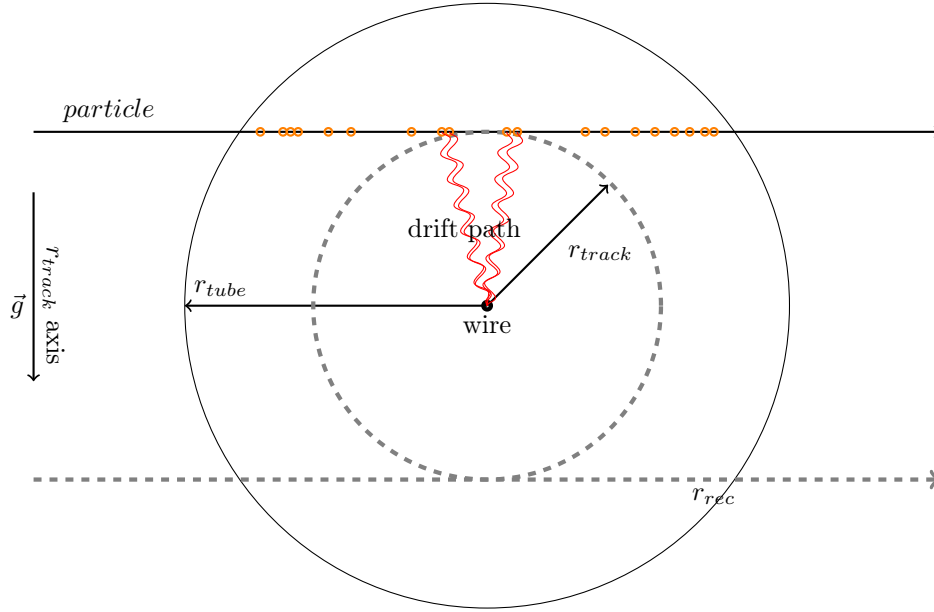


FIG. 1: Schematic view of a particle passing the straw and producing ionization clusters. The ionization cluster electrons drift to the wire and induce the signal. Only the earliest signal is detected. The closest distance from the track to the wire,  $r_{track}$ , and radius of the straw,  $r_{tube} = 2.45mm$ , are also indicated.

clusters along the track are marked by orange points on the figure.

## 5.1 Leakage noise

Every time we deal with different kind of noise. Basically it is noise from leakage current from the readout electronics.

As will be discussed further we analyse not the current invoked by particle but the output voltage from amplifier. In GARFIELD we able convolute input current  $I(t)$  with electronic response function (1):

$$f_{resp} = \dots \quad (1)$$

Convolution smooth input current. Experiments that used to drift tubes (such as ??(advise of Iouri Guz)) say that the noise should have gauss distribution with RMS equal to a amplitude of signal from 2000 electron in the tube(This part should be clarified more precisely. Would be good to include some results from noise measurements from STRAW tube samples. In fig.2 you can see deposition from noise marked by blue line.

On the figure fig.2 The time stamp  $Time = 0$  correspond to the time muon cross tube. The convolution function smooths and spreads input current. It

mean that the output voltage in GARFIELD does not contain part of signal before hit event time stamp.

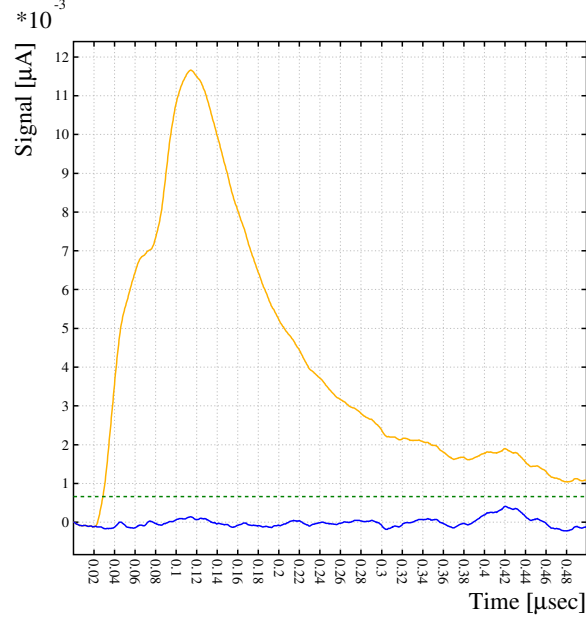


FIG. 2: Example of output signal  $V(t)$  after convolution(front-end electronics) from central track(yellow line). The noise component of the same signal depicted by separate blue line. Green dashed line is a threshold for triggering drift time and equal to  $5\sigma$  of noise distribution.

## 5.2 STRAW efficiency

The interaction of charge particle with gas molecules have probabilistic nature. For short distance tracks(somewhere at the tube periphery) the probability of tracks that do not produce any electron/ion pair becomes significantly high.

The number of produced ionization clusters directly affects the hit efficiency profile. [2] Smaller ionization length increase hit efficiency because of more ionization clusters per length unit are producing. In GARFIELD we can easily calculate amount of clusters per track. In fig. 4b you can see a distribution of number of clusters per central track for our STRAW tube. It mean that straw efficiency will be lower at the tube wall( see fig. ??).

From the figure ?? we can conclude that the efficiency of tube is 100% almost in whole region covered by tube except pre wall region which is quite small. Increasing the gas mixture density or increasing the tube radius for the same gas density can increase tube efficiency. Have to check this in feature studies.

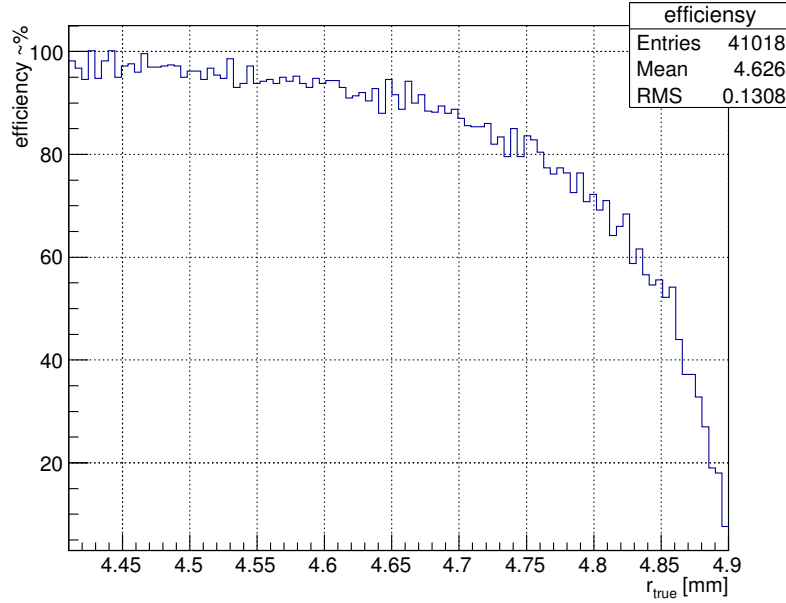
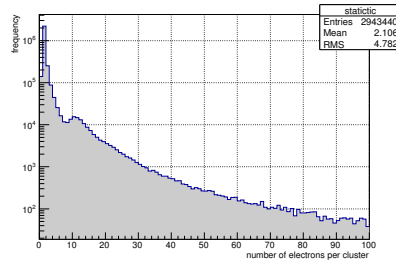
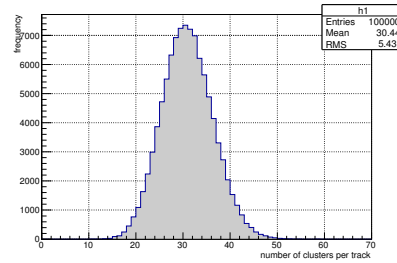


Рис. 3: Straw tube efficiency. Result of homogeneous penetrating periphery of tube by 50k events(scaled down by factor of 5.  $\frac{50k \text{ events}}{100bin} \approx 500 \frac{eventst}{bin}$ ).  
 NOTE: We have some wrong calculation for this plot. Especially I'm going to make new plot with 100 binning with 500 track. And as was detected we have some mistakes in calculation. I have to replace this plot next update



(a) electrons per cluster



(b) number of clusters per central track

Рис. 4: There are big amount of graphs. So I'm trying to pair it. here we can write something if needed. Some common description of (a) and (b) figures?

## 122 6 Gain

123 If multiplication occurs, the increase of the number of electrons per path  $ds$  is  
 124 given by

$$dN = N\alpha ds \quad (2)$$

125 The coefficient  $\alpha$  is determined by the excitation and ionization cross sections  
 126 of the electrons that have acquired sufficient energy in the field. It also depends  
 127 on the various transfer mechanism and electric field  $E$  and increases with the  
 128 field because the ionization cross-section goes up from threshold as the collision  
 129 energy  $\varepsilon$  increases. As we can suppose the coefficient  $\alpha$  is of big amount of  
 130 parameters.

131 The amplification factor  $G$  on a wire(that is more interesting for us) is given  
 132 by integrating (2) between the point  $s_{min}$  where the field is just sufficient to  
 133 start the avalanche and the wire radius  $a$ :

$$G = N/N_0 = \exp \int_{s_{min}}^a \alpha(s) ds \quad (3)$$

134 GARFIELD can provide us by amplification factor  $G$  for any point of the  
 135 tube(because  $G$  is coordinate dependent magnitude). The amplification factor  
 136 is equal almost in whole tube space except neighbourhood near the wire because  
 137 electric field becomes significantly high only near the wire (see figs 5a, 5b). When  
 138 the wire is shifted from the center of the cube the electric field in area close to  
 139 the wire is the same as in centered state. So the amplification factor  $G$  is quite  
 140 similar in both cases.

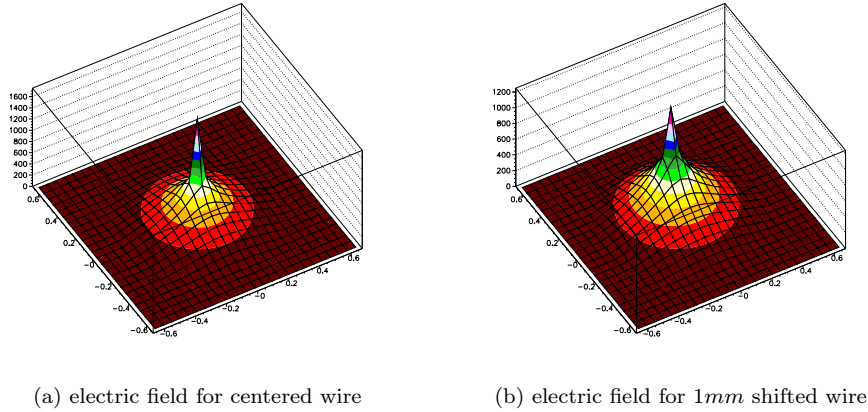


FIG. 5: Electric field intensity map for different wire position in the cube calculated in GARFIELD software. Conditions for those plots are described in table 1

141 Implementation of gain value calculation is not so reliable in GARFIELD(especially  
 142 fortran version). So we can reach better results using Garfield++ (which is newer  
 143 and take into consideration more effects).



144 On the Fig. ?? you can see that the gain  $G(V)$  have precisely exponential  
 145 dependence. This is frankly does not inspire confidence. The difference can be  
 146 up to 100% (us Rob Veenhof[1] said).

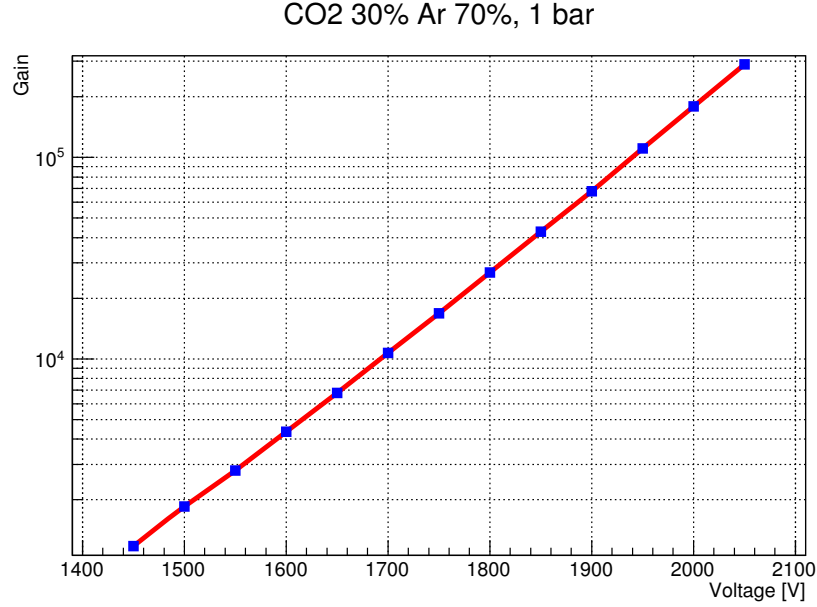


FIG. 6: Dependence of the gain of the voltage on the wire. The rest of STRAW tube settings you can find in table 1

## 147 7 Wire sagging

148 Easy to predict that the shifting of the wire invoke distorting an electric field  
 149 and drift path for electrons/ions inside the tube(see fig.7a and fig.7b). So the  
 150 rt-relation for track reconstruction directly depend on the wire position in the  
 151 tube. rt-relation lose it's previous symmetry(see next sections).

152 The direction of sagging is unpredictable when the wire is centered and the  
 153 straw has vertical orientation. Impact of gravitation field into the wire does not  
 154 make any effect in this state. But we can avoid this ambiguity by setting straws  
 155 horizontally. This condition is necessary to make track reconstruction possible.

156 We estimate significant wire sagging(by comparison to the tube radius)  
 157 because of wire attracts to the tube under affecting of gravitation and electric  
 158 field force.

159 You can see a profile of wire sagging of 5m length wire in 1cm diameter  
 160 straw tube and 1750V voltage on the fig.8 calculated in GARFIELD software  
 161 [1].

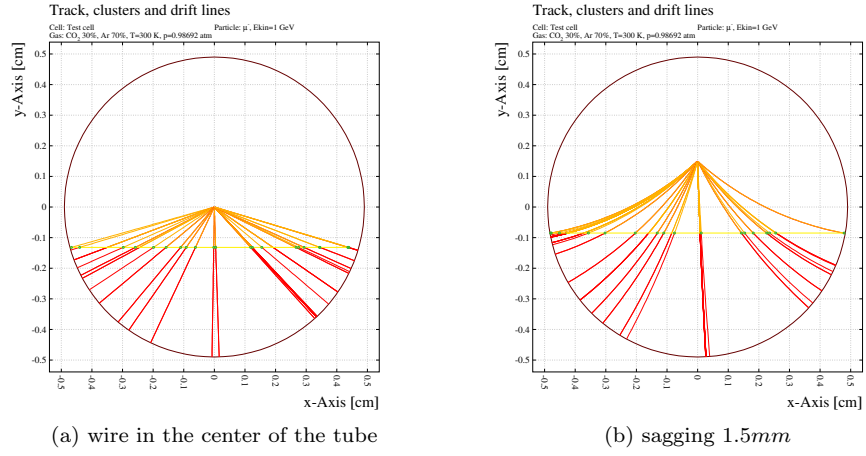


FIG. 7: An example of tracks from the on the tube for different position of the wire from GARFIELD simulations. Initial clusters marker by green. Drift lines for electrons marked by yellow, ions – red lines.

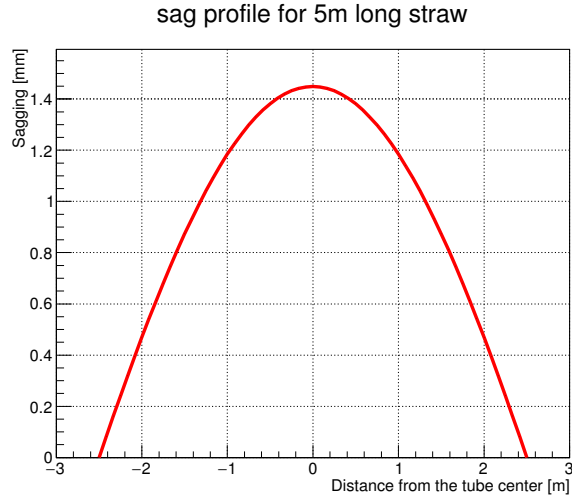


FIG. 8: Wire sag profile under electric and gravitation field calculated in GARFIELD. All options for this straw system are described in table 1.

162 The calibration of STRAW tube with sagged wire is more difficult by comparison  
163 to the mode without sagging.

164 Variation of wire tension, wire radius should be taken into account as high  
165 affect factor for sag value.

## 166 8 Sag estimation

167 Очікується, що для кожному окремому положенню дроту в трубці (змі-  
 168 щення від центрального положення) буде відповідати своя TR-залежність.  
 169 Тож першочерговим завданням є визначити зміщення дроту в трубці від  
 170 центрального положення.

171 Як логічно припустити з Рис. 12 та 15 розподіл часу дрейфу для випад-  
 172 ків з різним значенням зміщення дроту буде також різнитися Рис. ???. На  
 173 прикладі порівняння двох діаграм видна сходинко-подібна природа. Отже з  
 174 цих розподілів легко можна отримати значення відхилення дроту в даному  
 175 місці трубки.

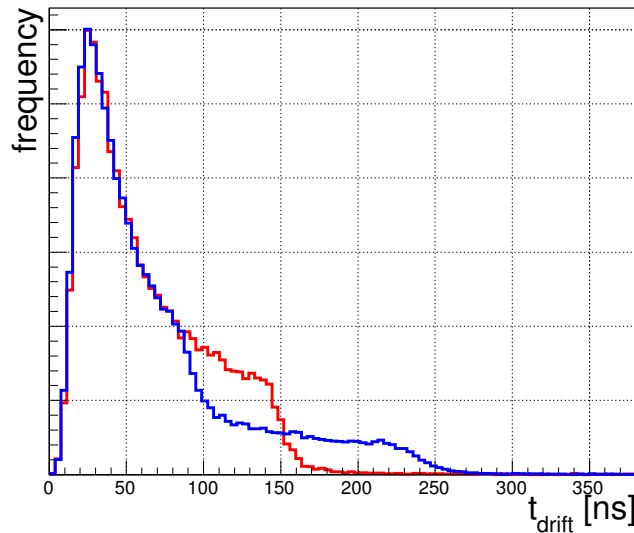


Рис. 9: Drift time distribution for a homogeneous irradi- ation with a centered  
 wire (red) and for a wire offset of 0.9 mm (blue).

176 Описані вище розподіли часу дрейфу вказані на рис. ??? виконані в се-  
 177 редовищі Garfield для константного положення дроту. Нажаль Garfield не  
 178 дозволяє робити робити симуляції для профілю дроту.

179 Першим кроком для знаходження положення дроту з діаграм знайдемо  
 180 вигляд розподілів для кожного можливого значення положення дроту в  
 181 трубці. В нашому випадку було виконано симуляції для отримання діаграм  
 182 в різних положеннях в діапазоні від 0 до 1.5mm.

183 Наступним кроком ми маємо привести у відповідність конкретний роз-  
 184 поділ з координатою дроту для калібровки. На практиці це пропонується  
 185 здійснити за допомогою оптичного просвічування трубки.

186 На експерименті будемо визначати профіль трубки з порівняння про-  
 187 філю даного вимірювання з вимірюваними раніше "калібровочними"серіями

chi2 comparison for 0.7 Sag histogram

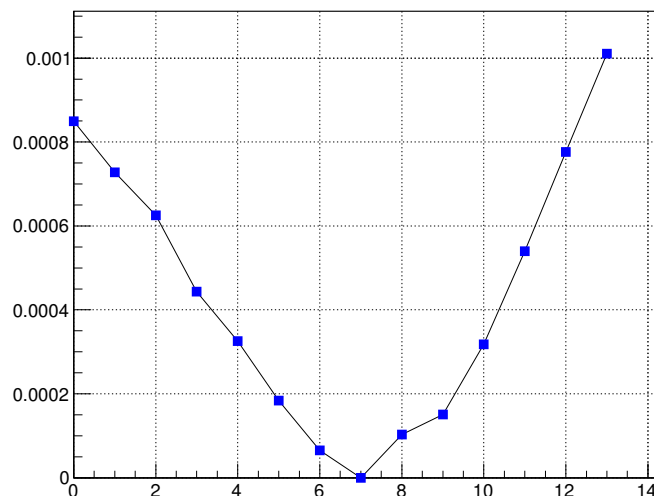


Рис. 10: Порівняння  $\chi^2$  для соге діаграми  $0.7mm$  з усіма іншими соге діаграмами в діапазоні  $0 \dots 1.5mm$

188 вимірів.

189 Робиться це наступним чином:

- 190 1. кожна діаграма нормується і рахується  $\chi^2$  попарно з кожною з соге  
191 діаграм.
- 192 2. для отриманих значень  $\chi^2$  будуємо графік, де по осі X відкладається  
193 положення дроту.
- 194 3. Мінімум даної залежності допоможе знайти соге діаграму найближчу  
195 до вимірюваної. Адже такі діаграми будуть найбільш схожими (Рис.  
196 10)

197 Точність даного методу може бути достатньо великою. Для діаграм ста-  
198 тистикою 5 тисяч подій розподіл визначення визначення положення дроту  
199 зображено на Рис. 11

200 На експерименті вказані вище розподіли отримати не важко. Єдине що  
201 потрібно набирати статистику лише для фіксованого положення дроту, а  
202 значить необхідно проводити експозицію секційно – не по всій довжині тру-  
203 ки а лише на відповідних ділянках, таких щоб значення відхилення дроту  
204 на них не відрізнялося більше необхідної точності.

205 Нехай бажана точністю визначення положення дроту  $50\mu$ . Розділивши  
206 весь дріт на ділянки маємо, що центральний сектор буде найбільшим і має  
207 довжину  $0.8m$ . Це при значенні максимального просідання дроту  $1.5mm$ .

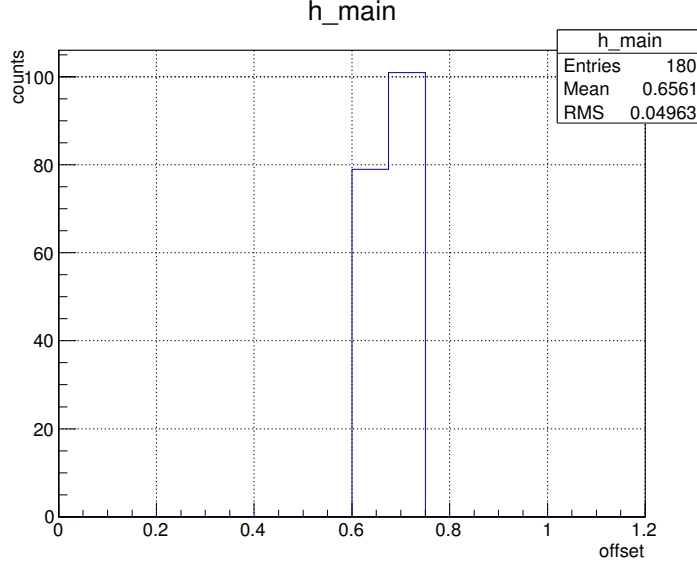


Рис. 11: Bias estimation distribution for 5k data. 50k events for core template histograms. True bias is 0.063 mm. 1 bin = 0.1 mm.

## 208 9 Track reconstruction

209 The time between the track hit time stamp and the signal at the wire at the  
 210 wire is a measure for *drift time* of these electrons. The relation between the *drift*  
 211 *time* and the distance from the track to the center of the tube(wire while no sag  
 212 for centered wire) is called *drift time - distance relation* or *rt-relation*.

213 The drift time  $t$  is a function of track position relative to the wire(so it mean  
 214 the track position) and electric field along the drift trajectory.

215 Assumed that the working position for straws will be parallel to the particle  
 216 bunch, and particle speed acceptance will not be significantly big. So tracks will  
 217 be collinear each other for every separate unit STRAW tube.

218 Summing the above mentioned we have one dimension task – reconstruct  
 219 tracks on vertical axis<sup>1</sup> (see example outcome rt-distribution  $t = t(r, s = 0)$  in  
 220 Fig.12 ) even the wire sagging. Sagging will be always down thanks to gravitation  
 221 force  $\vec{g}$ .

222 The rt-relation is differ along the tube because different wire position  $s$ . We  
 223 thus have for the drift time

$$t = t(r_{track}, s) \quad (4)$$

<sup>1</sup>An example of single track reconstruction which explaining the approximate procedure of reconstruction you can see in Fig.1

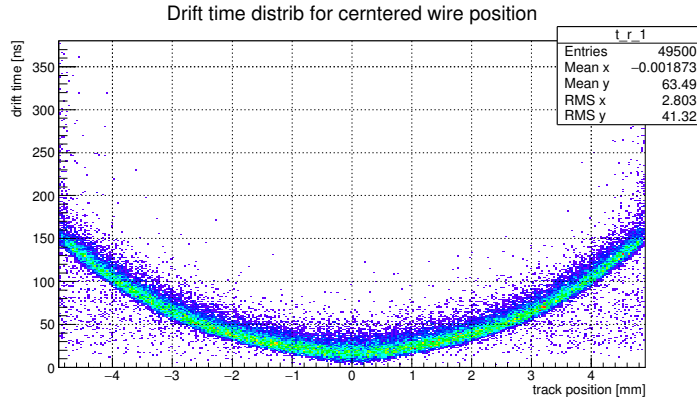


Рис. 12: Distribution of drift time  $t_{drift}$  as function of track position  $r_{track}$  relatively to the tube center

## 9.1 Double ambiguity in track reconstruction

Usually the outcome of first step reconstruction is two position.

## 9.2 Джерела похибок

- Природна складова похибки визвана розподілом кластерів іонізованих атомів вздовж треку МІР-частинки.
- Похибка пов'язана безпосередньо з дрейфом електронів та йонів в трубці. Залежить від параметрів електричного поля та складової газу в трубці.
- Похибка пов'язана з ефектами поширення заряду від електромагнітної лавини в дроті.
- Фактори електроніки – функція відгуку електроніки.

## 9.3 Генерация шума

Шум – штука непередбачувана, і дуже залежить від технологічного процесу виготовлення складових елементів детекторної системи. Шум в кінцевому результаті дуже впливає на якість вихідних даних детектора: його ефективність реєстрації, роздільну здатність.

Шум зараз особливо важко оцінити, так як робочих екземплярів дрейфових трубок ще нема, і front-end електроніки в тому ж числі нема.

Тож задамо шум з огляду детекторних установок подібного типу.

Програмний пакет Garfield дозволяє задати значення струму шуму через імовірнісну функцію розподілу. Підберемо такий розподіл струму, щоб

вихідна напруга перед дискримінатором (умовно кінцева напруга) була роз-  
поділена за гаусом  $P_{\mu,\sigma}(x) = Ae^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$  з середнім розподілу  $\mu = 0$  та з сере-  
днім квадратичним розподілом рівним сигналу від дрейфу 2000 електронів  
 $\sigma = 2000e$  – так званий electric noise charge (ENC). Приклад сигналу шуму  
зображено на Рис. 2

Дане питання одне із слабких місць даної симуляції і в майбутньому  
будуть проводитися зміни. Тож дана частина є нічим іншим як костиль.

## 10 Знаходження параметрів калібровочної кри- вої

Калібровочною кривою в даному випадку будемо називати функцію, яка є  
оптимально відповідність між часом дрейфу та нійбільш імовірним поло-  
женням треку(наприклад радіус кола, дотичного до лінії треку частинки  
концентричного до поперечного профілю трубки).

### 10.1 Випадок центрованого дроту

Хоча, я відчуваю "симетричний випадок" і не ввійде в мою роботу і до роз-  
гляду буде одразу представлений загальний випадок знаходження калібро-  
вочної кривої я всеодно виділю окремий розділ. Частина з нього точно буде  
присутня у фінальній версії диплому(як мінімум рисунки).

До початку розглянемо випадок, коли дріт трубки розташований строго  
по центру і можна застосувати спрощену процедуру для побудови RT -  
залежності. Частинки, що проходять крізь дрейфову трубку на однаковій  
відстані мають викликати сигнал з однаковими часовими характеристиками  
зростаючого фронту.

Знаючи час дрейфу можемо відновити дотичне до треку коло. Якщо ж  
напрямок поширення частинки відомий то кількість можливих положень  
частинки зводиться до двох. На експерименті очікується, що дрейфові трубки  
будуть розташовані в площині перпендикулярній до напрямку пучка.  
Тож залишається серед двох дзеркальних до дроту треків вибрати один. Ця  
задача легко вирішується вже в процесі комбінаторики відновлення треку  
по хітах.

Калібровочну криву будемо знаходити з апроксимації розподілу  $t_{drift}(r)$   
Рис.12.

Instead of using the average value of the drift time residuals, a fit to the  
distribution of unbiased drift time residuals is performed in a narrow range  
around the peak. This allows to reduce the contribution of incorrectly assigned  
hits

Для ясності опишемо дану процедуру поетапно

1. Оскільки TR розподіл симетричний відносно  $r_{track} = 0$  Рис. 12, то для  
підвищення статистики будемо аналізувати їх "суму".

- 285 2. з TR розподілу рис.12 будуємо структурну діаграму шляхом розбиття  
 286 даних на секції вздовж  $r_{track}$  (ось X) і знаходимо середнє для таких  
 287 вибірок.
- 288 3. як видно з рис.12 в симуляціях є досить багато шуму - точки поза  
 289 головним "стержнем" розподілу. Тому для більш точних результатів  
 290 в побудові RT залежності цього шуму слід позбавитися. Як варіант  
 291 пропонуємо наступний критерій: вважати шумами всі точки, які зна-  
 292 ходяться на відстані більше  $2\sigma$  від середнього вибірки для кожної із  
 293 секцій від першої ітерації.
- 294 4. для "відфільтрованих" даних повторюємо пункт №2;
- 295 5. Апроксимуємо точки середнього з вибірок функцією (5)

$$y = e^{a_0 + a_1 x} \quad (5)$$

- 296 6. Знаходимо RT відношення як обернену до (5) функцію. Результат  
 297 зображено червоною лінією на рис. 13

298 В даному випадку калібровочною кривою буде однозначна відповідність  
 299 між часом дрейфу і радіусом дотичного кола.

300 Для знаходження кривої  $r(t)$  складемо дві гілки розподілу Рис. 12 (пра-  
 301 воруч і ліворуч нуля), інвертуємо розподіл  $t_{drift}(r_{track}) \rightarrow r_{track}(t_{drift})$  і  
 302 виконаємо підгонку розподілу функцією виду (6).

$$r(t) = a_1 \log(t) + a_2 \quad (6)$$

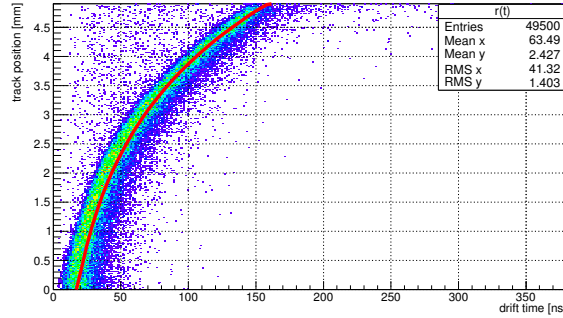


Рис. 13: RT-ralation(calibration line, figured in red color) between drift time  $t_{drift}$  and distance from the track  $r_{track}$ . The fit is performed in the range of  $0 < t_{drift} < 150ns$  and  $|r| < 4.9mm$

303 Далі наводимо параметри калібровочної кривої як результат фітування  
 304 розподілу  $t_{drift}(r)$  Рис. 13

- 305 •  $a_1 = 2.231 \pm 0.008$
- 306 •  $a_2 = 0.448 \pm 0.002$



### 10.1.1 Precision of track reconstruction

### 10.1.2 How precision of track reconstruction depend on wire displacement

Для початку задамося питанням "як точність реконструкції треків залежить від положення дроту (точніше від його відхилення від центрального положення).

Відомо, що робочі зразки дрейфових трубок будуть працювати в горизонтальному положенні. Зважаючи, що під дією гравітаційного поля дріт в трубці буде прогинатися вниз, можна з певною достовірністю стверджувати про подальше положення дроту, вже після підведення напруги в трубці.

Так виконаємо оцінку залежності точності вимірювання координати в трубці по зміні часового розподілу.

### 10.1.3 Evaluation of track reconstruction precision

Похибкою вимірювання положення треку будемо називати різницю між дійсним положенням треку  $r_{track}$  and reconstructed  $r_{rec}$ . Дану точку відобразим на графіку з відхиленням по осі Y та дійсним положенням треку по осі X. Для більшої наглядності ситуації з розподілом точок на графіку зобразимо цю ж інформацію у вигляді діаграми густини точок а також у вигляді труктурної діаграми для оцінки абсолютної похибки.

Варто зазначити, калібровочна крива не проходить через точку  $(0;0)$ , то ж значення часу дрейфу ліворуч від кривої будемо співставляти центральний трек (такий, що проходить через центр дрейфової трубки  $r = 0$ ). Схоже правило застосовується для сигналів з часом дрейфу більшим за діапазон охоплений калібровочною кривою - таким сигналам  $r_{reconstructed}$  присвоюється значення  $r_{tube} = 4.9mm$ .

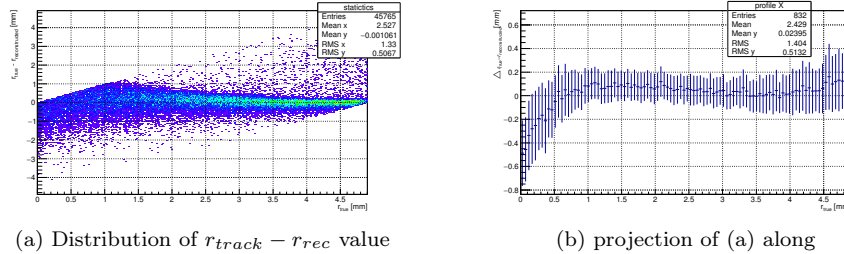


Рис. 14: Distribution of Розподіл різниці між дійсним і реконструйованим положенням треку в трубці  $\Delta r_{track} - r_{rec}$  від 49500 подій. Структурна діаграма розподілу точок у випадку строго центрального положення дроту дрейфової трубки

Як видно з простого аналізу діаграми Рис. 14a 14b точність реконструкції позиції треків лежить в діапазоні  $(0.1 \dots 0.2)mm$ .

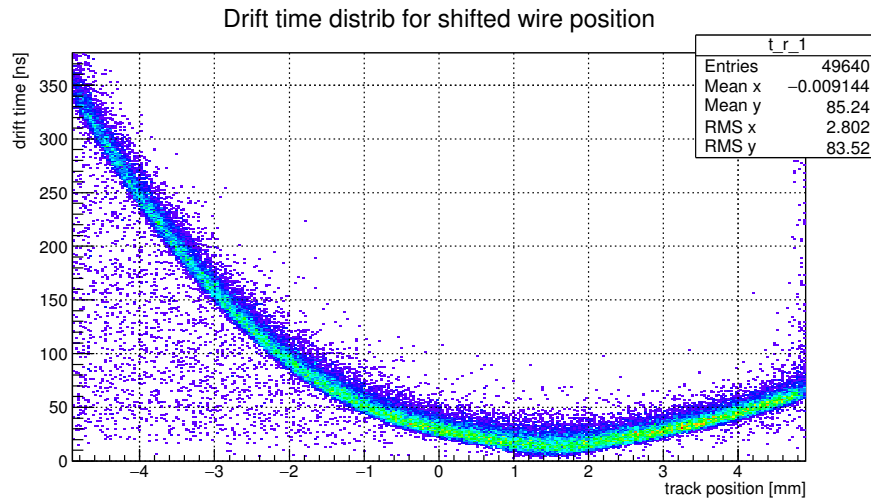


Рис. 15: TR-distribution for 1.5 mm shifted wire

## 334 10.2 Випадок зміщеного дроту

335 Знаходження калібровочної кривої, якщо її так можна назвати, для випадку  
 336 зміщеного дроту дещо відрізняється від описаного вище центрального  
 337 випадку. Це пов'язано з несиметричністю розподілу “час дрейфу - поло-  
 338 ження треку” Рис. 15. Тож необхідно знайти не одну, а дві калібровочні  
 339 криві, причому необхідно розділення даних (на гілки більшу-меншу) що не-  
 340 можливо без попередньої оціки величини зміщення дроту від центрального  
 341 положення.

342 Як видно з Рис 15 фігура розподілу змінилася не значно, а лише зсуну-  
 343 лася на стале значення, рівне зміщенню дроту.

344 Використаємо цю хитрість для розбиття даних на дві частини - дві гілки  
 345 в RT розподілі. Від так ми можемо для кожної гілки знайти свою власну  
 346 калібровочну криву.

## 347 10.3 Порівняння розподілів для центрального та змі- 348 щеного позицій дроту в трубці

349 Наведемо порівняння гістограм для центрального та зміщеного позицій  
 350 дроту для вибірки треків в околі дроту та на відстані 2 мм від нього.

351 Цілком логічно припускати, що електроніка реєструватиме час дрейфу  
 352 відмінний від триманого нами від симуляцій описаних вище. Тож необхі-  
 353 дним буде врахувати внесок від електроніки. Ситуація ускладнюється тим  
 354 що окрім форми вхідного сигналу потрібно знати ще й амплітуду сигна-  
 355 лу (сумарний заряд зібраний з треку з урахуванням підсилення).

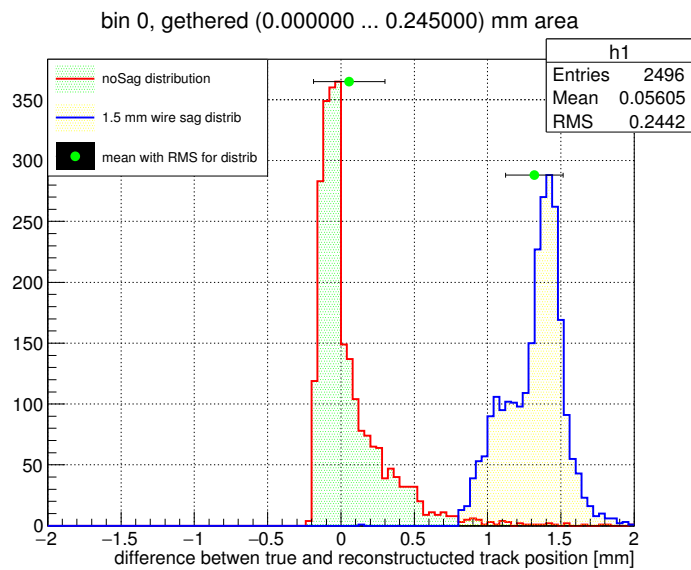


Рис. 16: Порівняння розподілу реконструкції позицій треків для центрального положення дроту та випадку зміщення дроту дрейфової трубки на  $1.5\text{mm}$  від центрального положення для треків які проходять близько до центру трубки

## Література

- [1] <http://garfield.web.cern.ch/garfield>
- [2] thesis Kozlinskiy.pdf

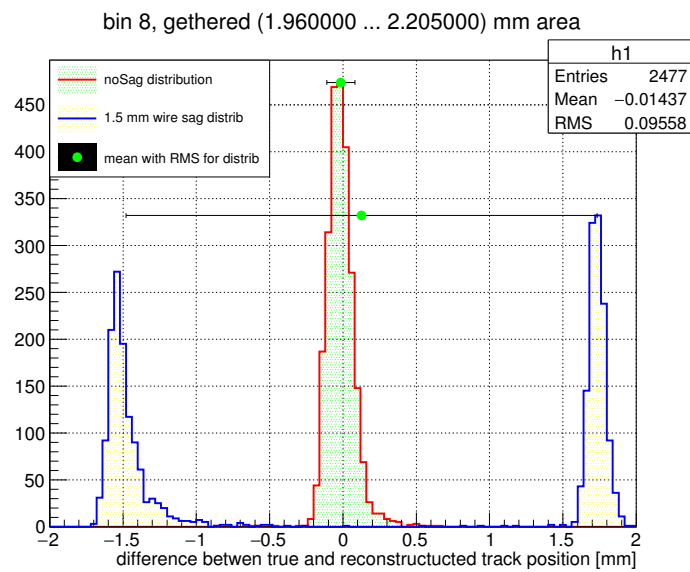


Рис. 17: Порівняння розподілу реконструкції позицій треків для центрального положення дроту та випадку зміщення дроту дрейфової трубки на  $1.5\text{mm}$  від центрального положення для треків які проходять дотично до кола радіусом  $2\text{mm}$  коцентричного з трубкою