

ТОП кварк на LHC : от
наблюдения к ТОЧНЫМ
измерениям

В.Щегельский

Сессия Ученого Совета ОФВЭ

25 Декабря 2008



ATLAS Note

ATL-COM-PHYS-2008-267

December 12, 2008



The top quark with the LHC: from rediscovery to high precision mass measurements

Valery Schegelsky

Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, Russia

Abstract

Sources of large systematical errors in the current top quark mass measurements are considered. The equal statistics event samples for the FNAL and the LHC cases are compared. Possibilities of significant decrease of systematical uncertainties with the LHC are illustrated.

Выводы

- Точность измерения массы топ кварка - 13 лет- во ФНАЛ определяется систематикой ~ 1 ГэВ. Нужно лучше в несколько раз.
- В первом же сеансе LHC количество произведенных топ кварков может быть несколько больше, чем во ФНАЛ.
- Кинематические характеристики очень напоминают ФНАЛ. Лучше не сделать (анализ ATLASa). Как жить дальше? Искать источник систематики.
- Измеренные энергии струй много меньше энергий партонов. Причина не только в методах. Можно поправить (теория -модель). Правило: систематическая ошибка $\sim 10\%$ поправки ; доказано временем и ФНАЛ тоже.
- LHC - фабрика топ кварков. Есть места ФП , где все не так плохо.
- *Кто ищет - тот найдет.*

Почему так интересно ?

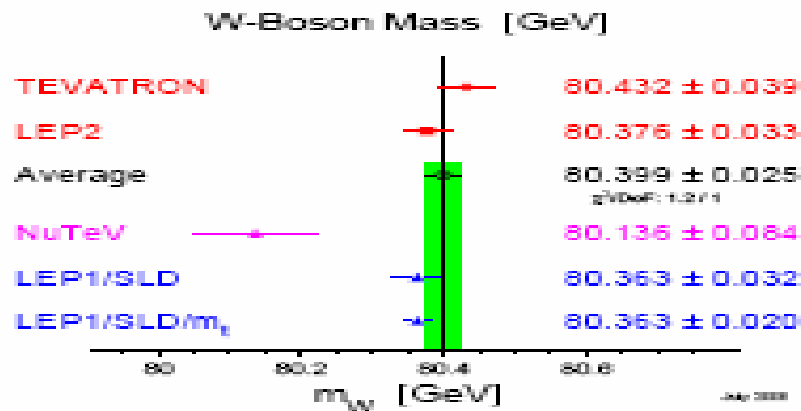


Figure 1: The W-boson mass.

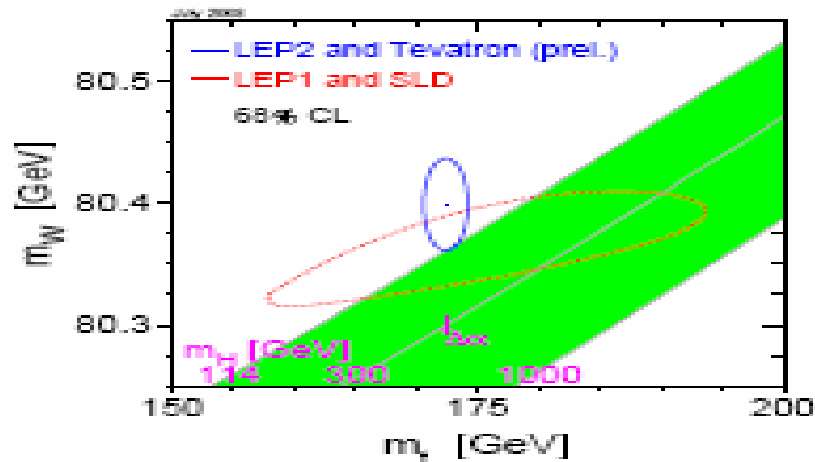
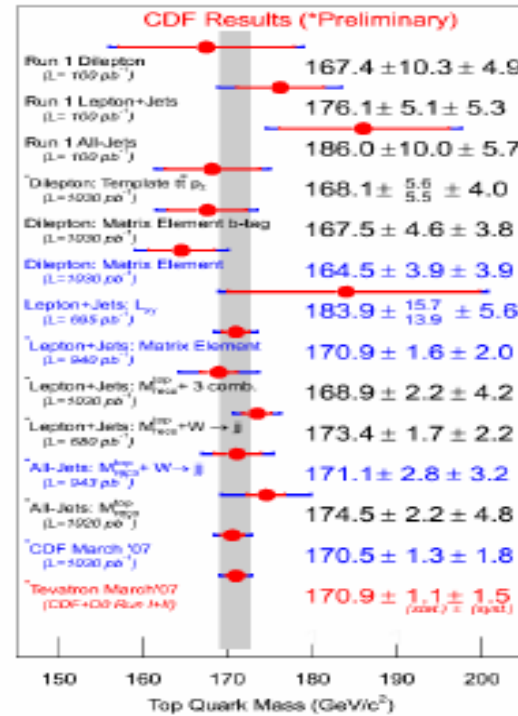
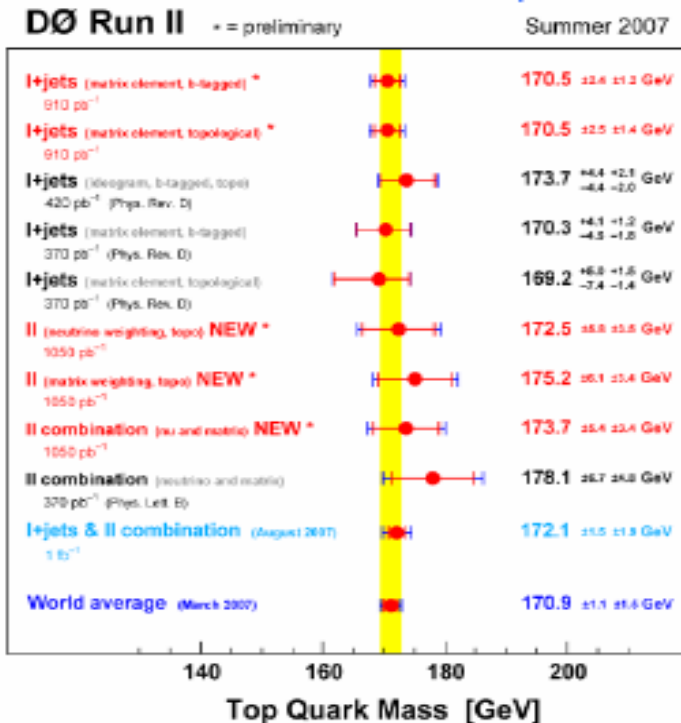


Figure 2: The W boson and the top quark masses correlation.

1995 - первые наблюдения топ кварка во ФНАЛ

TeVatron Top Mass Measurements

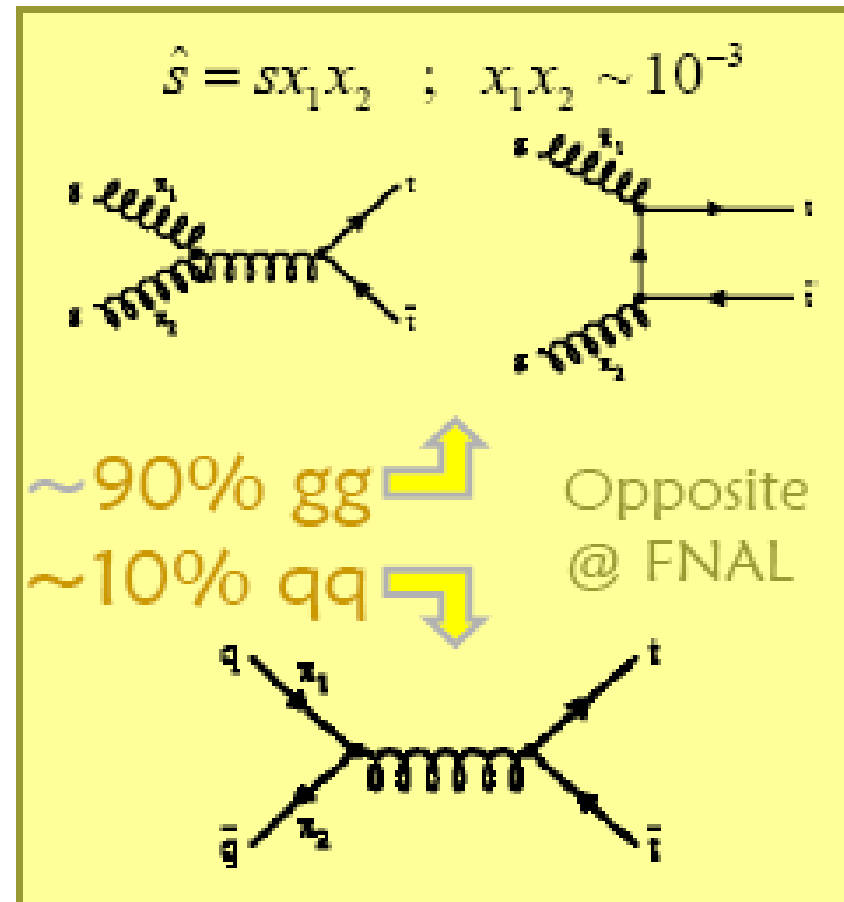
- Matrix Element Method provides the best individual measurements



$$m_t = (172.4 \pm 0.7(\text{stat.}) \pm 1.0(\text{syst.})) \text{ GeV}$$

Систематическая ошибка - определяющая

- X-section at 7+7 TeV (LHC) 800 pb;
- X-section at 5+5 TeV (LHC) 400 pb;
- FNAL – 7 pb



Планы :

Осень 2009 - первые
столкновения $5+5$ TeV.

Постепенное повышение
интенсивности. Надежда-
произвести не меньше топ-
кварков , чем ФНАЛ -10000-пар
уже в первом сеансе

Распределение по поперечному импульсу кварков ПОХОЖИ

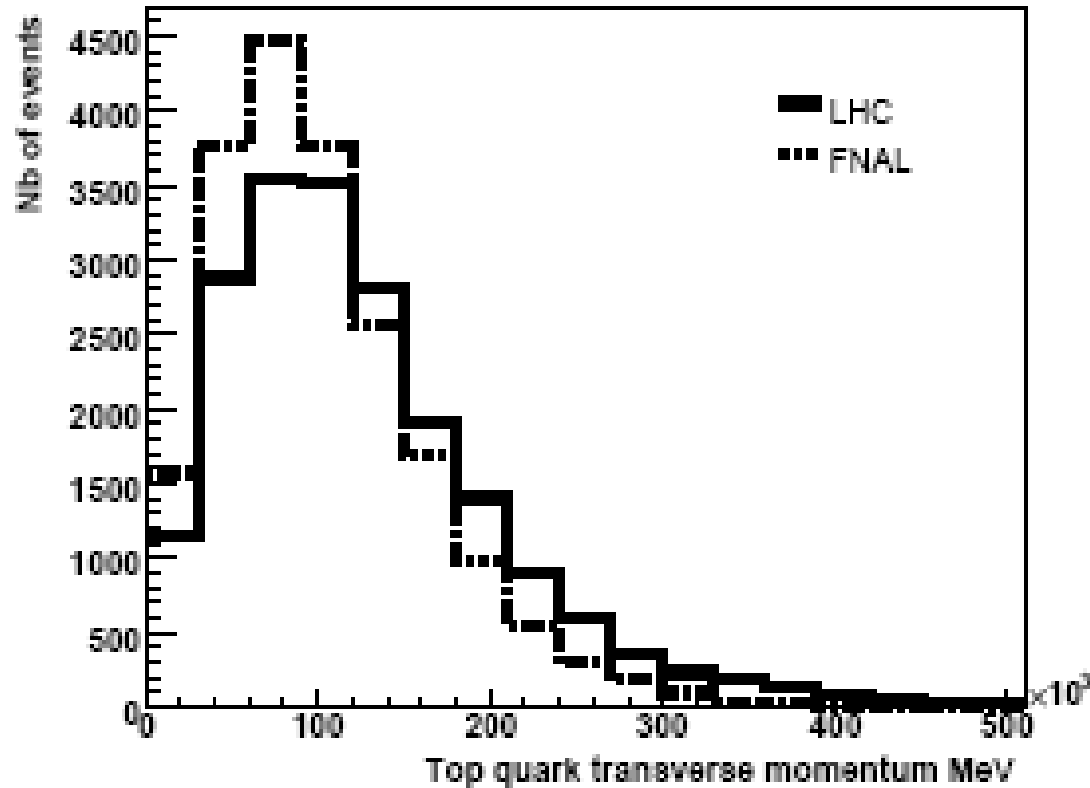


Figure 3: The top quark transverse momenta distribution.

Нерелятивистская кинематика:

$t \rightarrow Wb \rightarrow qqb$

(Wb) - back-to-back

(qq) - back to back почти;

импульс W сравним с импульсом q :

минимальный импульс

$P_q \sim 10 \text{ GeV} :$

стабильные частицы в струях-
мягкие: магнит выметает $\sim 50\%$

Анализ - как во ФНАЛ.

Результат - не лучше.

Первое наблюдение топ кварка..... на LHC.

Где источник большой систематики ?

Исключить “технические” причины:

алгоритмы совершенны, приборы идеальны.

Но геометрия прибора и магнитное поле.

В Монте Карло - происхождение стабильных
частиц известно.

Соберем все частицы от топ кварка :
масса 165 ГэВ.

Сформируем из частиц струи конусе 0.4 с осью
вокруг направления партонов от распада топ кварка :
масса 147 ГэВ

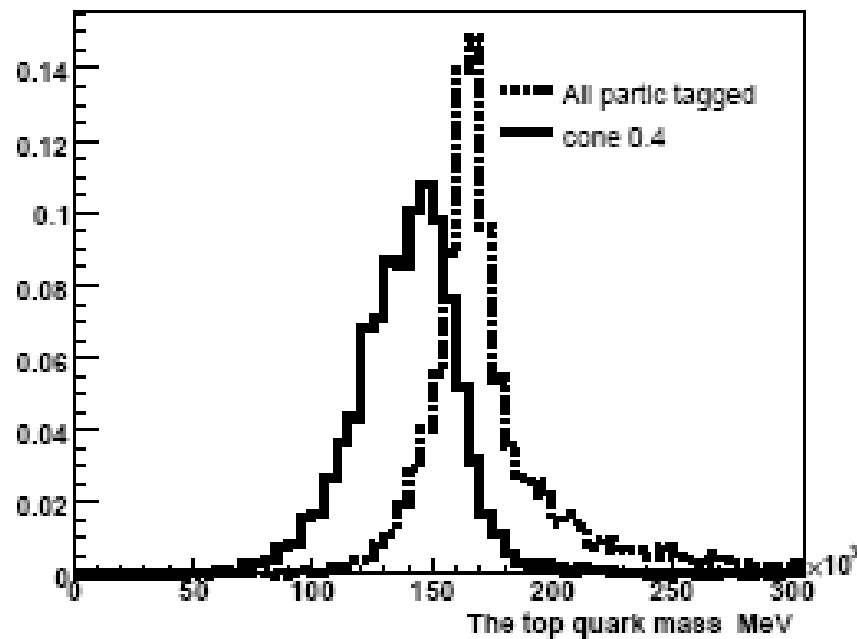


Figure 13: The spectrum of the top quark mass with tagged particles (normalized).

Большие потери частиц : ограниченные размеры и магнитное поле; частицы вне конуса.

В «реальном» анализе частицы не мечены, а конусы сильно перекрываются.

Собрал частицы в конусе не глядя на происхождение и забыл происхождение партонов.

Комбинаторика.

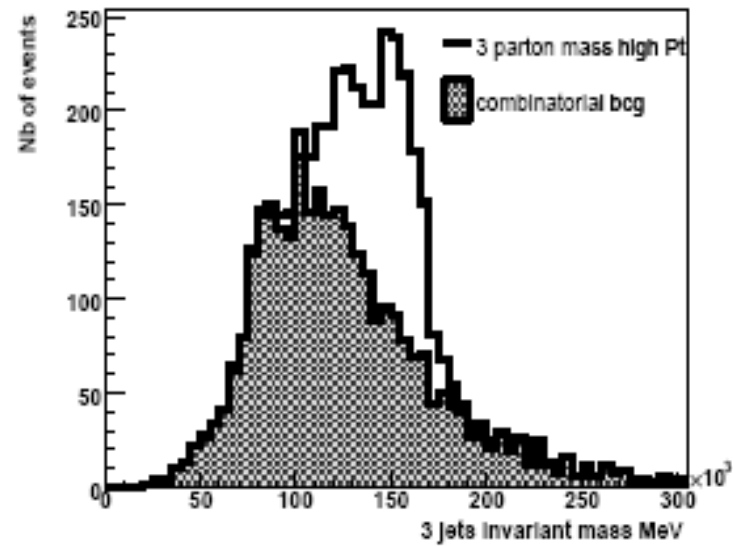
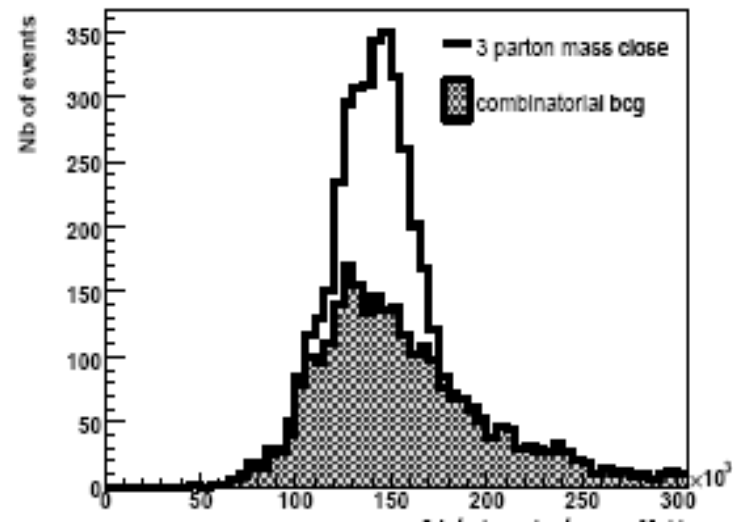


Figure 15: The invariant mass spectrum of 3 jet combination with the highest P_T .



Громадный комбинаторный фон. Необходимо отбор событий с большими поперечными импульсами топ кварка .

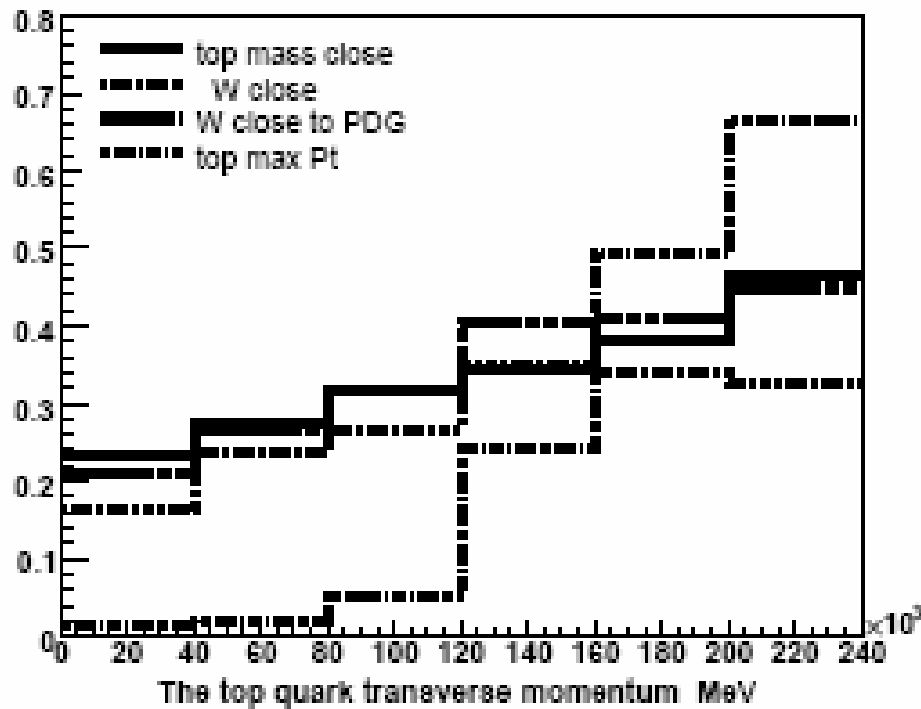


Figure 18: Percentage of the correct flavor in 3 jet combinations as a function of the P_T^{top} .

Уменьшение комбинаторного фона может быть достигнуто мечением b кварка и отбора событий с лептонным распадом одного из W . Стандартный анализ (МС) показал, что систематическая ошибка в массе будет более 1 ГэВ.

Подтверждается правило :

систематическая ошибка $\sim 10\%$ вводимых поправок.

Калибровка энергетической шкалы струй - отдельная проблема. b струи отличаются от струй легких кварков.

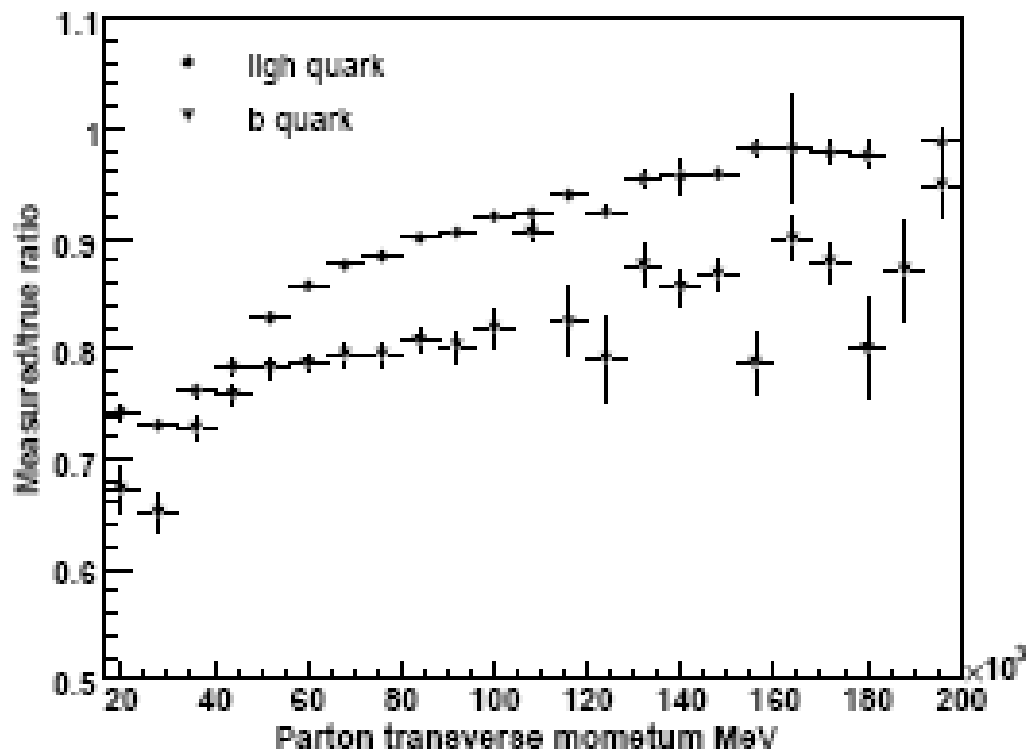


Figure 21: Ratio of a jet transverse momentum to the corresponding parton transverse momentum.

Нужно отбирать события с
малыми потерями частиц струй

Пик инв масс 3 струй зависит от поперечного имп топ кварка. Комб фон «убегает» из под пика:
при $P_t > 200$ ГэВ нет проблем с комб фоном

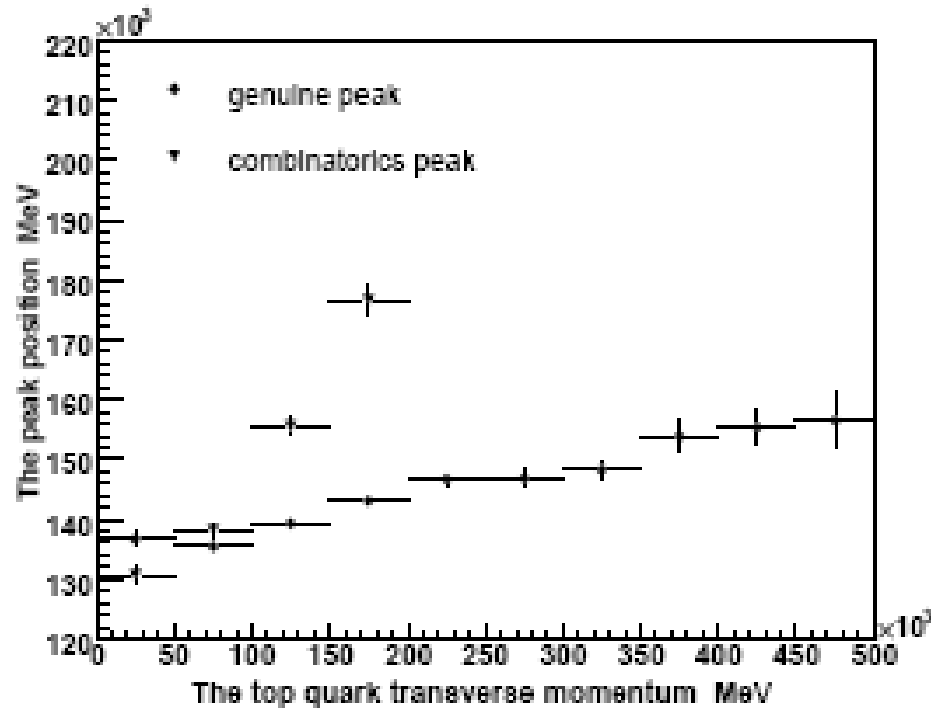


Figure 20: The peak positions of 3 jet invariant mass distributions for correct and uncorrect flavor composition.

Хорошо - да мало: несколько процентов
ФНАЛ данных, и 10% для LHC

Да и не так уж хорошо: поправка еще велика

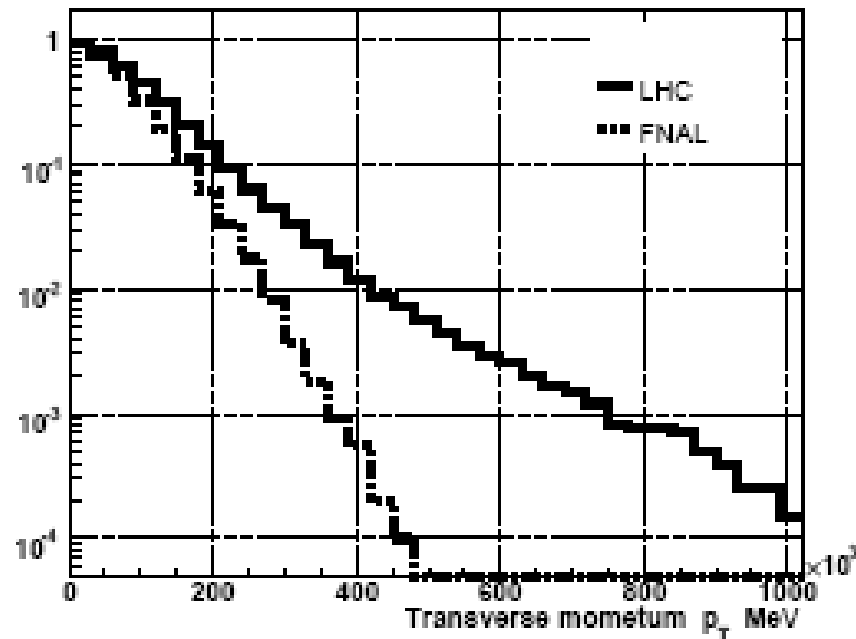


Figure 4: The probability to have the top quark transverse momenta higher than p_T .

Для LHC нет проблем со статистикой: при интегральной светимости $20 \text{ фб}(-1)$ будет произведено топ кварков в 10000 раз больше, чем накоплено во ФНАЛ: 10^{**7} сек работы при «низкой» светимости $2 * 10^{**}(33) \text{ см}(-2) \text{ сек}(-1)$.

При отборе событий с $P_t(\text{top}) > 1000$ ГэВ положение пика будет отличаться от «истинного» на 3 ГэВ. Введение такой поправки с точностью 10% приведет к сист ошибке 300 МэВ. Стат ошибка будет менее 100 МэВ.

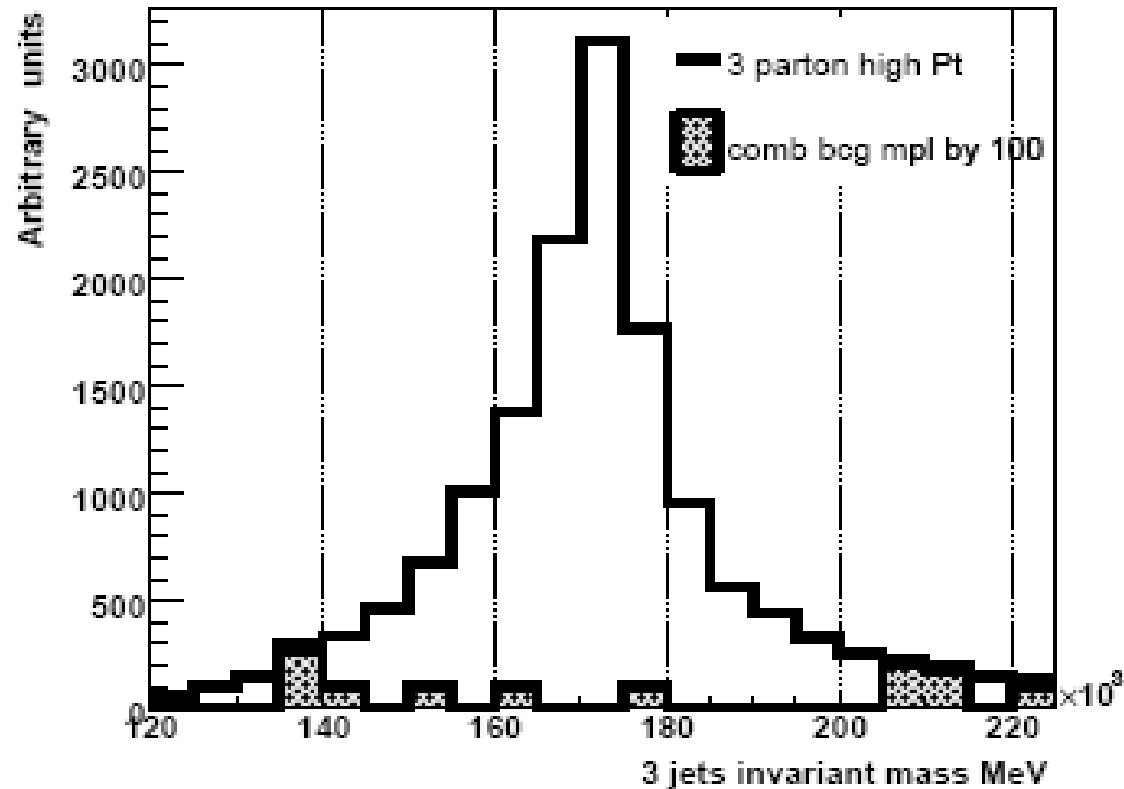


Figure 22: The invariant mass of 3 jet system with the highest transverse momentum for $p_T^{\text{top}} > 1\text{TeV}$. Combinatorial background contribution is increased by a factor 100.

Значительное улучшение
точности в измерении массы топ
кварка станет возможным при
отборе событий с
 $P_t(\text{top}) > 1000 \text{ ГэВ}$.

Необходимая статистика будет
набрана уже в первый год работы
ЛНС с официально низкой
светимостью.