

**Измерение сечения одновременного
рождения пары b -кварков и Z -бозона на
детекторе АТЛАС в протон-протонных
столкновениях $3.5+3.5$ ТэВ.**

Бойко И.Р.

Демичев М.А.

27-Янв-2011, МИФИ

Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

Зачем измерять $pp \rightarrow Z+bb$?

- Поиск бозона Хиггса – сверхзадача LHC, а Zbb есть фон при поиске сигнала хиггс-бозона в канале $h \rightarrow 4l$.
- Сечение $pp \rightarrow Zbb$ теоретически предсказано с меньшей точностью чем другие известные фоны к хиггс-бозону.
 - Поправки NLO и NNLO к процессам $2 \rightarrow 3$
 - Основной вклад на энергиях LHC от взаимодействия глюонов
- Измерение с точностью лучше теоретической возможно на статистике 1000 pb^{-1} что составляет 1/10 от необходимой для поиска хиггс-бозона.
- Дальнейший тюнинг Монте-Карло.

Что сделано?

- Учен вклад фона $t\bar{t}b\bar{b}$.
- Проведен анализ с использованием MC 7 TeV.
- Использваны разные b -таггеры.
- Критерии отбора применены к набранным в 2010г. эксп/данным 7 TeV.
- Ранее был проведен анализ с использованием MC 10 TeV и MC 14 TeV, см.
 - <http://www.atlas-jinr.ru/report.asp?idreport=260>
 - <http://indico.cern.ch/contributionDisplay.py?contribId=4&confId=65223>

Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

Использованные наборы МС.

<i>Signal</i>	CS [pb]	DatasetName:
ZbbNp0	6.53	mc09_7TeV.109305.AlpgeJimmyZmumubbNp0_nofilter.merge.AOD.e539_s765_s767_r1302_r1306
ZbbNp1	2.47	mc09_7TeV.109306.AlpgeJimmyZmumubbNp1_nofilter.merge.AOD.e539_s765_s767_r1302_r1306
ZbbNp2	0.883	mc09_7TeV.109307.AlpgeJimmyZmumubbNp2_nofilter.merge.AOD.e539_s765_s767_r1302_r1306
ZbbNp3	0.386	mc09_7TeV.109308.AlpgeJimmyZmumubbNp3_nofilter.merge.AOD.e539_s765_s767_r1302_r1306
Background		
Zmumu	855.6	mc09_7TeV.106047.PythiaZmumu_no_filter.merge.AOD.e468_s765_s767_r1302_r1306
ccbar	39000	mc09_7TeV.108487.PythiaB_ccmu4mu4X.merge.AOD.e524_s765_s767_r1302_r1306
bbar	89000	mc09_7TeV.108488.PythiaB_bbm4mu4X.merge.AOD.e524_s765_s767_r1302_r1306
ttbar(LL+LQ)	58.2	mc09_7TeV.105205.AcerMCttbar.merge.AOD.e552_s765_s767_r1302_r1306

Периоды экспериментальных данных.

Period#	Delivered Lumi:	Reco Lumi:	Processed Lumi:
PeriodG	7.290	6.901	6.901
PeriodH	8.705	8.521	6.869
PeriodI	23.618	18.536	18.536
Total			32.3

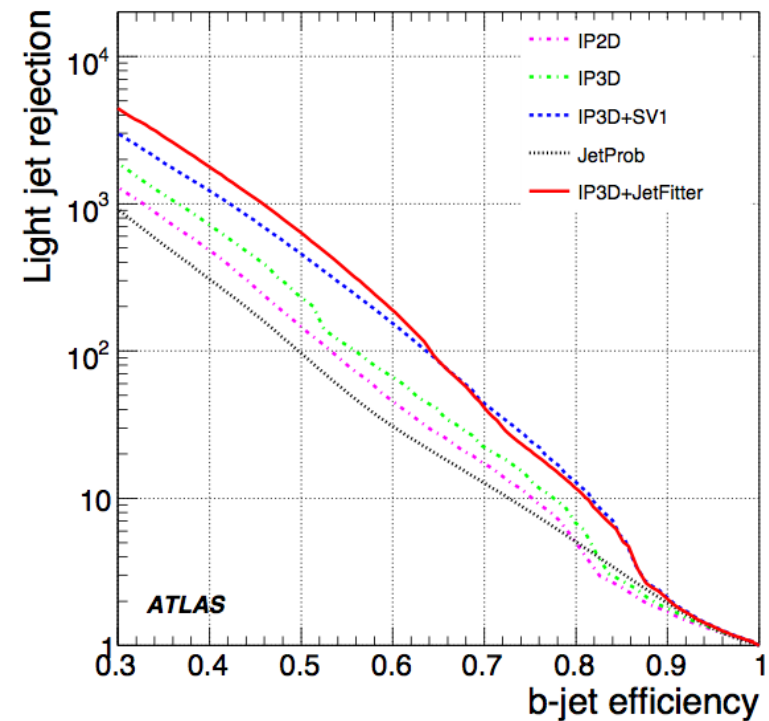
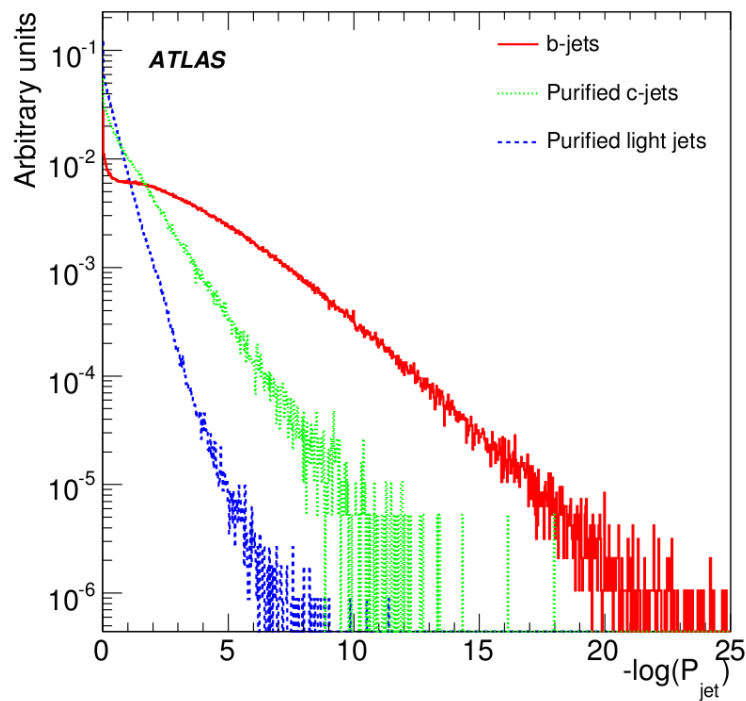
Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

Предварительный отбор событий.

- Отбор струй
 - В событии не менее 2-х струй, алгоритм *AntiKt4Jet*
 - Поперечный импульс каждой струи $P_{t, \text{Jet}} > 12 \text{ GeV}/c$
 - Струи с весом таггера $W_{\text{jet}} > 1.8$ (кандидаты в b -струи)
- Отбор мюонов
 - Не менее 2-х мюонов в событии, алгоритм *Staco*
 - Каждый мюон для трека в MS имеет фит для трека в ID
 - Поперечный прицельный параметр каждого мюона $|a_0| < 0.5 \text{ мм}$.
 - Имеется хотя бы одна пара мюонов противоположного знака, инвариантная масса которых лежит в диапазоне $[50, 130] \text{ GeV}$
- Из экспериментальных данных берутся только события, записанные SM группой в список Luminosity Blocks пригодных для анализа в канале $Z\mu\mu$, см. по периодам:
<http://atlasdqm.web.cern.ch/atlasdqm/grlgen/StandardModel/Zmumuchannel/>

Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

B -таггеры IP3DSV1, SV0, JetProb



(a) Non-purified light jets

“Expected Performance of the ATLAS Experiment : detector, trigger and physics”, p. 417.

Измерение сечения одновременного рождения пары b-кварков и Z-бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

Критерии отбора событий для заключительного анализа.

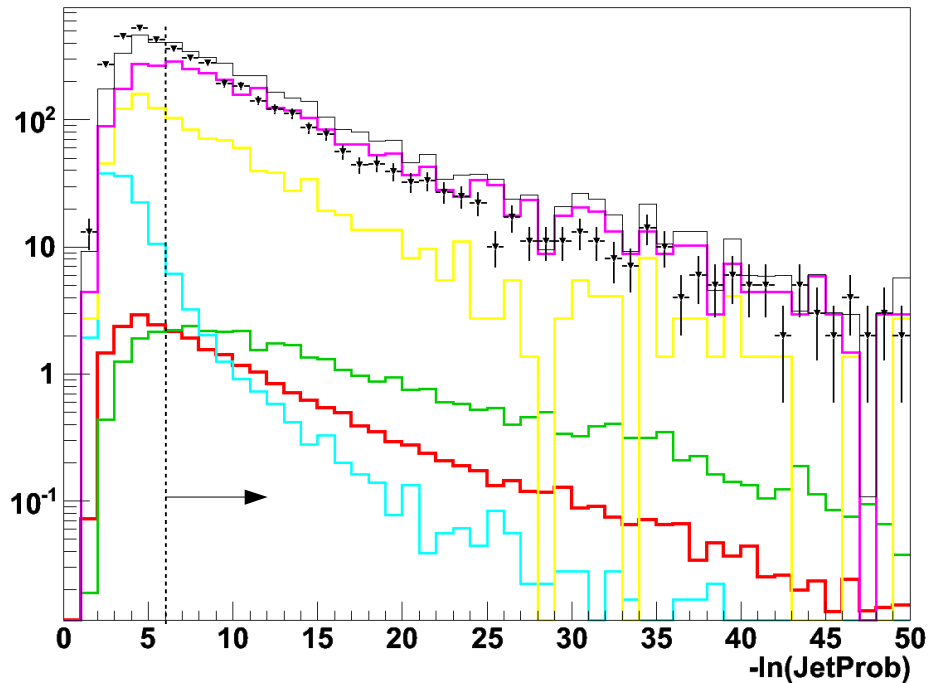
- Мягкие условия: (подавить QQbar и Zmumu)
 - Вес JetProb каждой струи > 6.0
 - Поперечный импульс каждого мюона $P_{t\mu} > 20 \text{ GeV}/c$
 - Изолированность мюонов от струй $Isol > 0.4$

$$Isol = MIN \sqrt{(\eta_M - \eta_J)^2 + (\phi_M - \phi_J)^2} \quad M=(1,2) \quad J=(1,2).$$

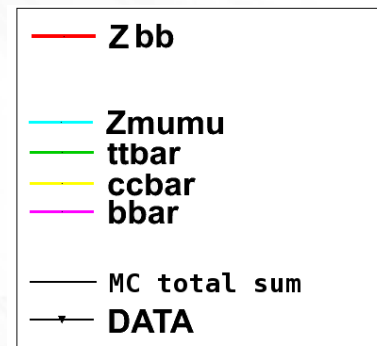
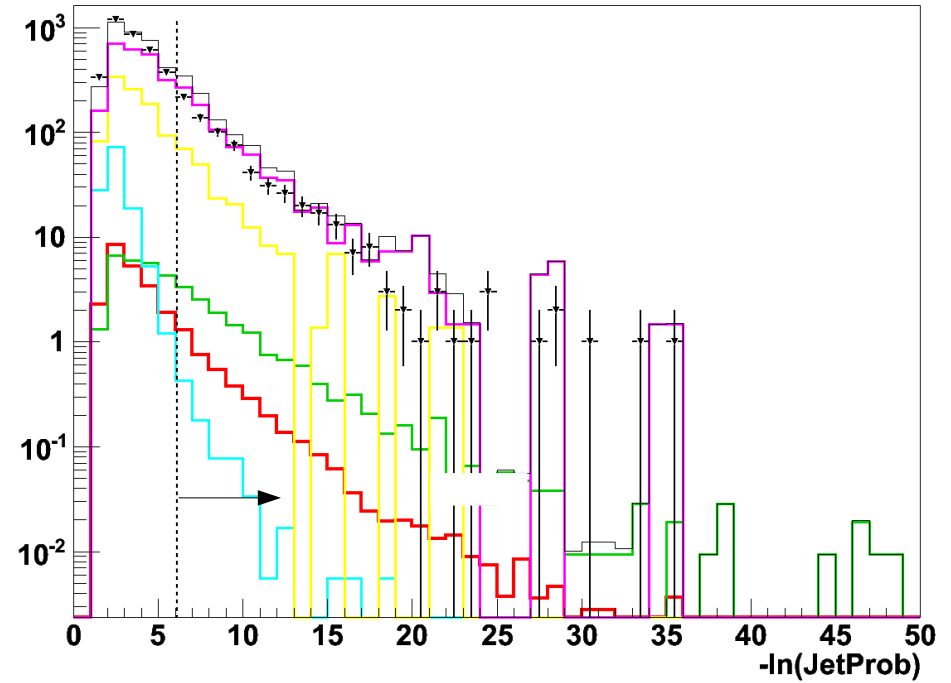
- Жесткие условия: (подавить ttbar)
 - Поперечный импульс каждой из b-струй $P_{tJet} < 40 \text{ GeV}/c$
 - Недостающая энергия в событии $E_{tMiss} < 60 \text{ GeV}$
 - Возможно дальнейшее увеличение ката на вес b-струи
- Кандидаты в сигнал отбираются по инвариантной массе пары мюонов, в окне [80, 100] GeV

Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ. Применение “мягких” критериев отбора к МС и эксп. данным (1).

Jet1Weight::1==1

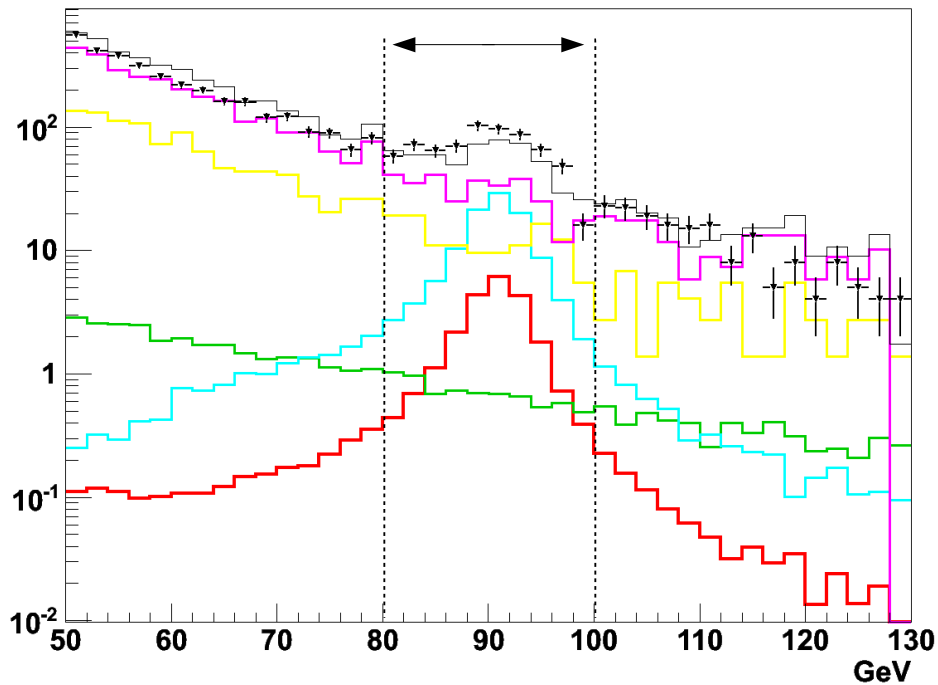


Jet2Weight::1==1

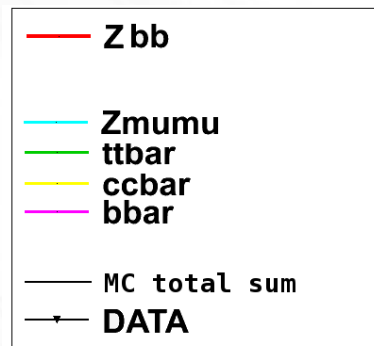
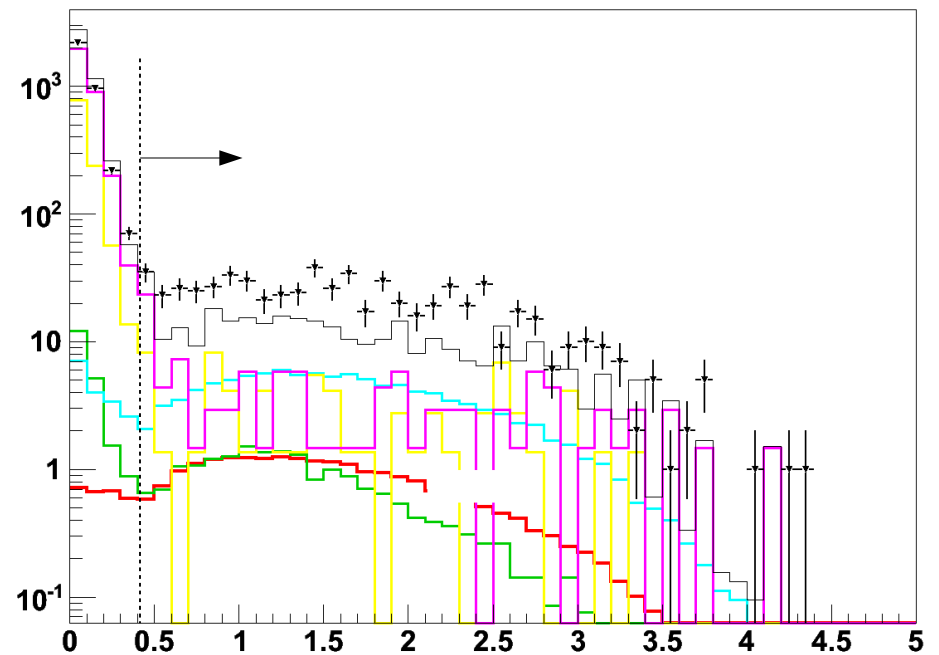


Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ. Применение “мягких” критериев отбора к МС и эксп. данным (2).

ZMass::1==1

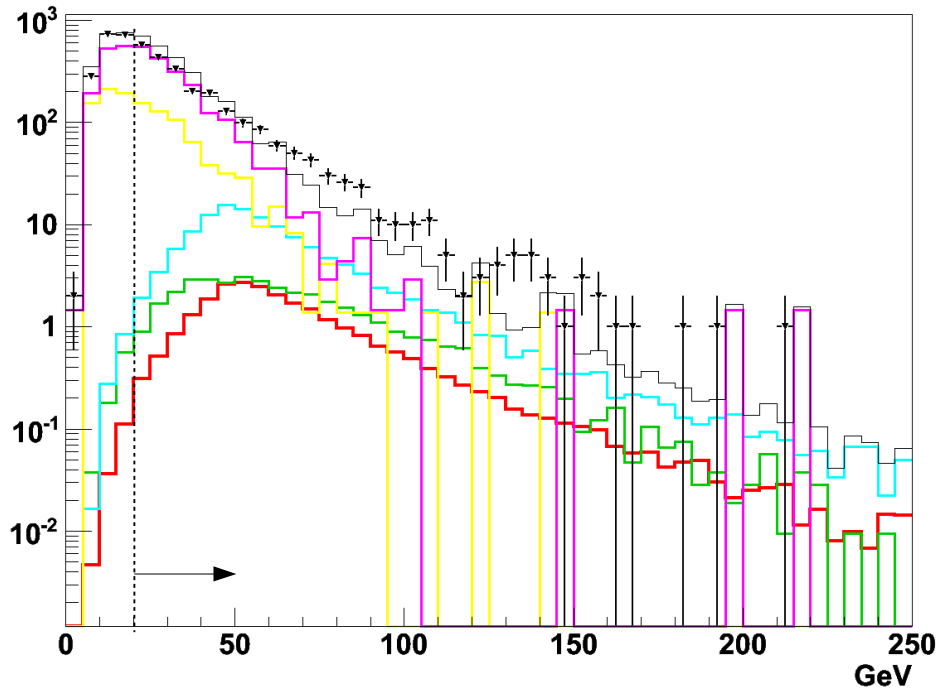


Isol::1==1

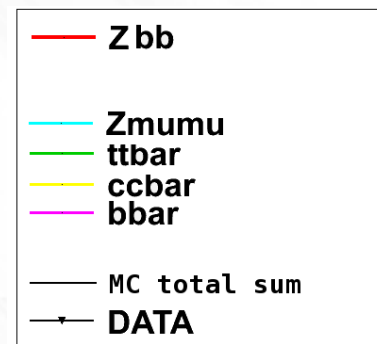
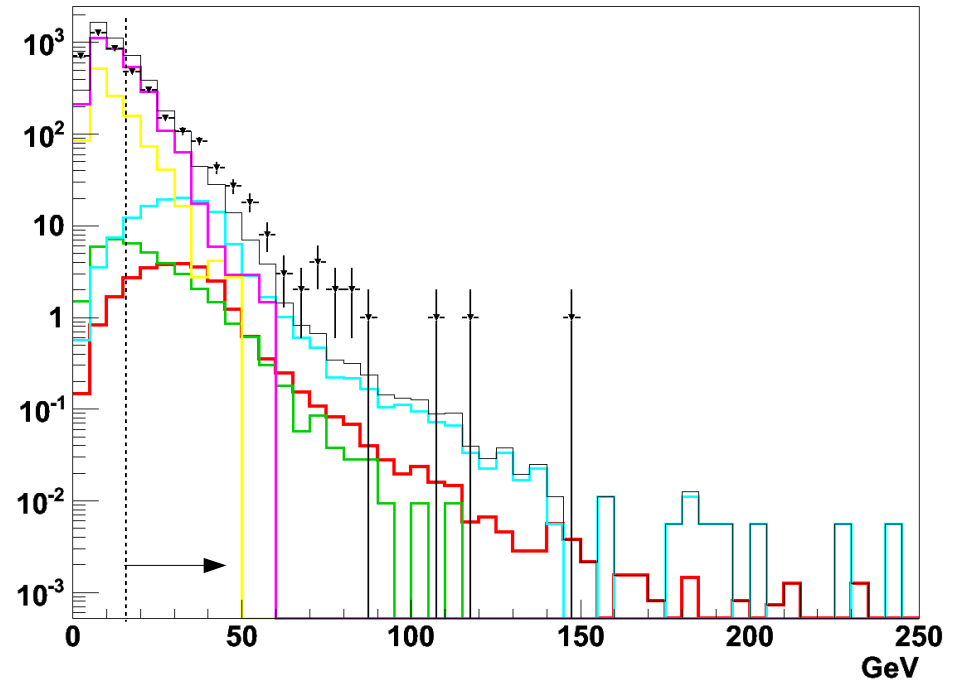


Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ. Применение “мягких” критериев отбора к МС и эксп. данным (3).

Mu1Pt::1==1

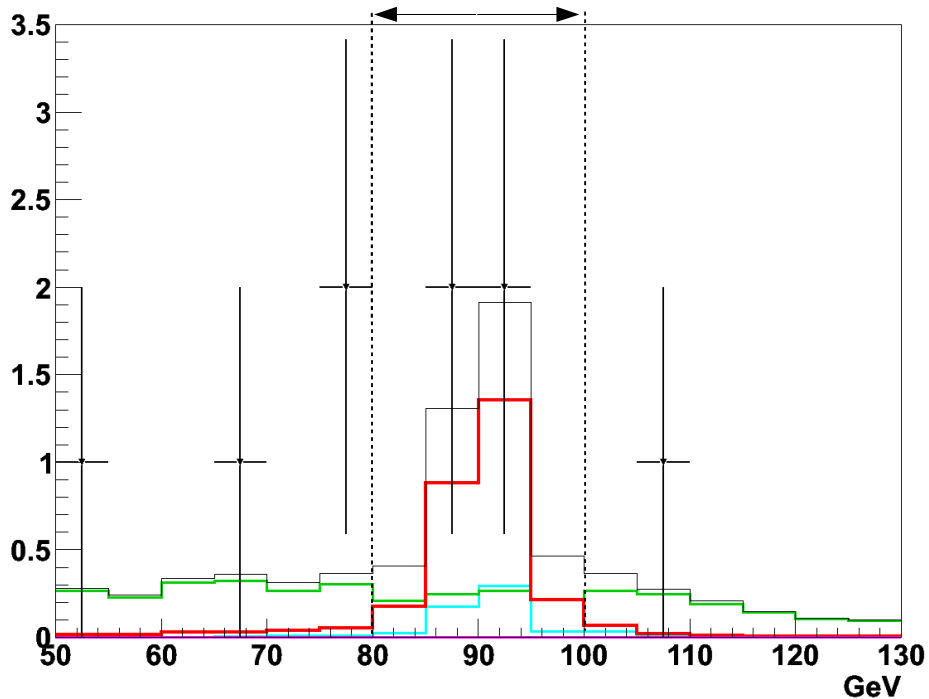


Mu2Pt::1==1

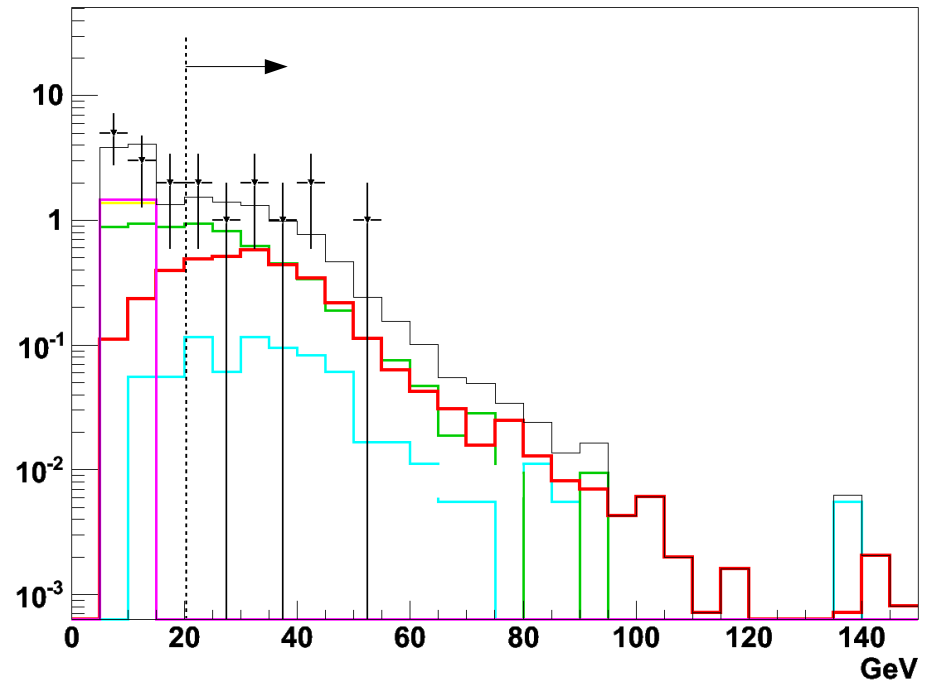


Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ. Применение “мягких” критериев отбора к МС и эксп. данным (4).

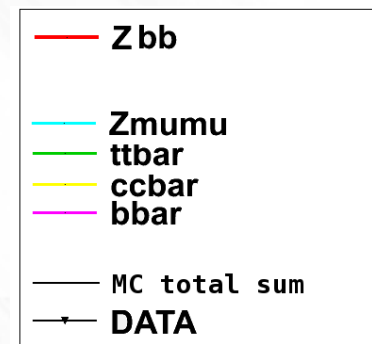
ZMass::Mu1Pt>20 && Mu2Pt>20 && Isol>0.4 && Jet1Weight>6.0 && Jet2Weight>6.0



Mu2Pt::Mu1Pt>20 && Isol>0.4 && Jet1Weight>6.0 && Jet2Weight>6.0



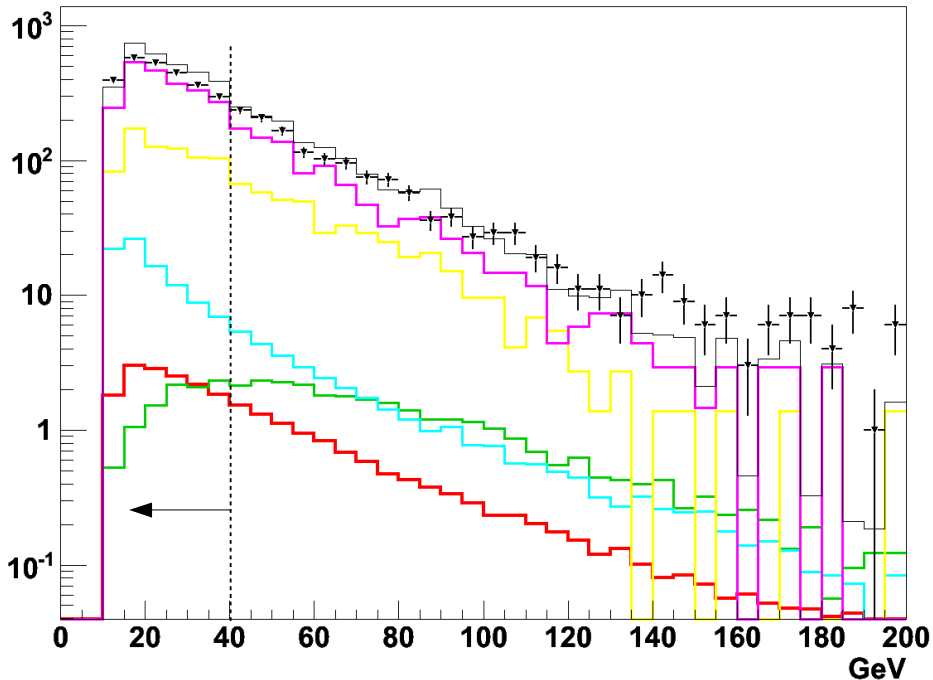
Канал	событий ожидается	МС событий	абс. стат. ошибка
Zbb	2.62	2600	0.05
ttbar	0.94	99	0.1
Z $\mu\mu$	0.53	95	0.05
bbar	< 0.10	0	$2\sigma, \chi^2/ndf = 29/18$
ccbar	< 0.05	0	$2\sigma, \chi^2/ndf = 7/13$



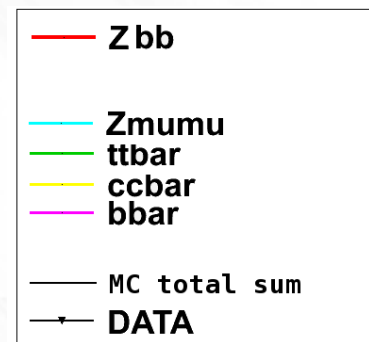
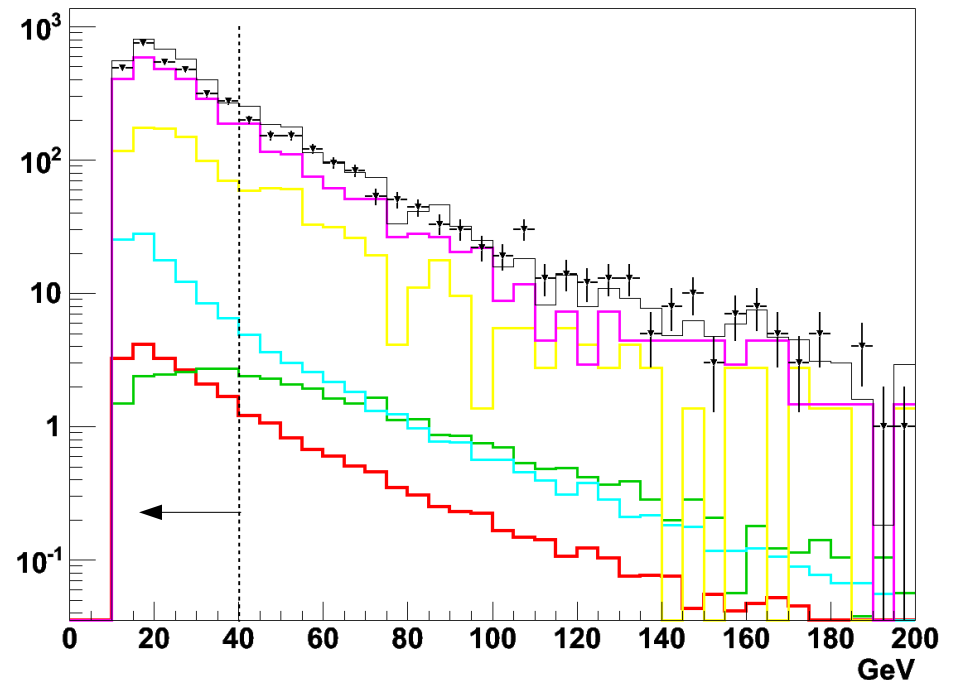
Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

Применение “жестких” критериев отбора к МС и эксп. данным (1).

Jet1Pt::1==1



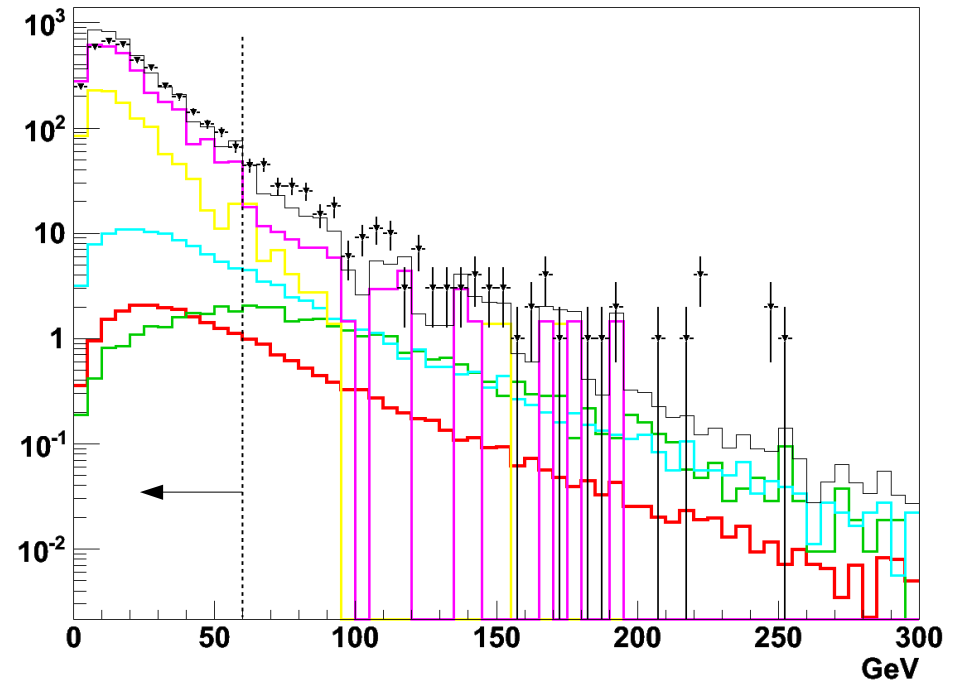
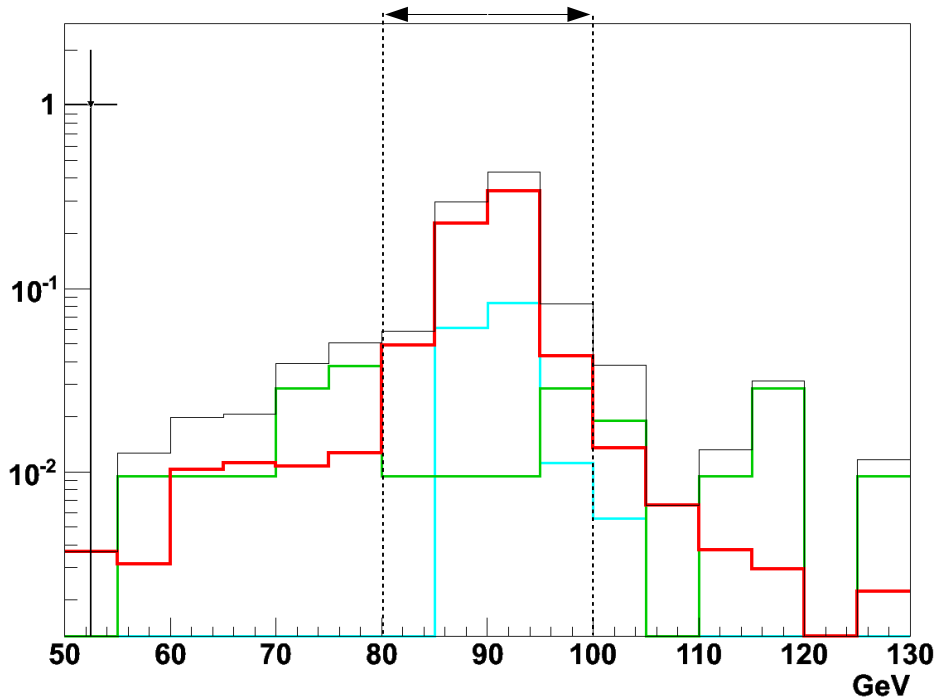
Jet2Pt::1==1



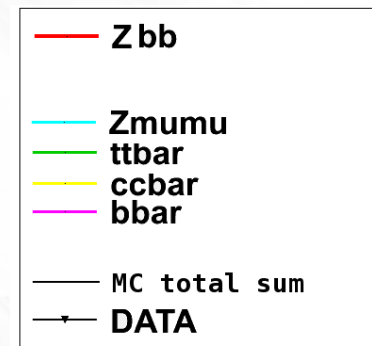
Измерение сечения одновременного рождения пары b-кварков и Z-бозона на детекторе ATLAS в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ. Применение “жестких” критериев отбора к МС и эксп. данным (2).

ZMass::Jet1Pt<40 && Jet2Pt<40 && EtMiss<60 && Mu1Pt>20 && Mu2Pt>20 && Isol>0.4 && Jet1Weight>6.0 && Jet2Weight>6.0

EtMiss::1==1

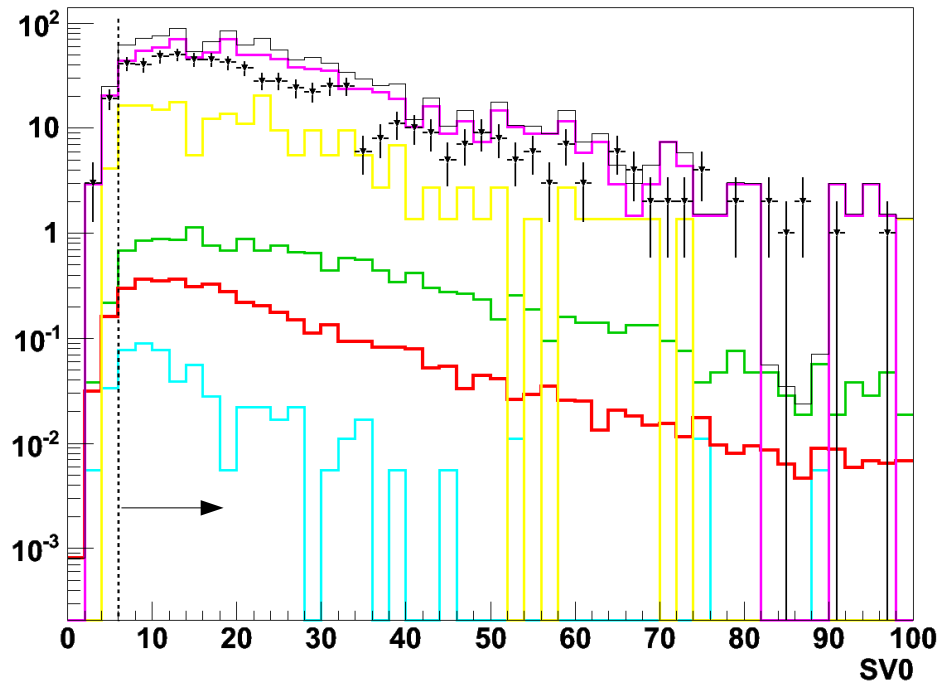


Канал	событий ожидается	МС событий	абс. стат. ошибка
Zbb	0.66	615	0.02
ttbar	0.06	6	0.02
Zμμ	0.15	28	0.03
bbar	< 0.05	0	2σ, $\chi^2/\text{ndf} = 34/6$
ccbar	-----	0	-----

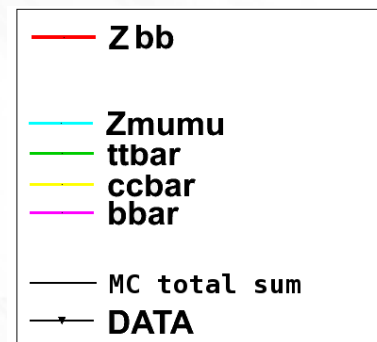
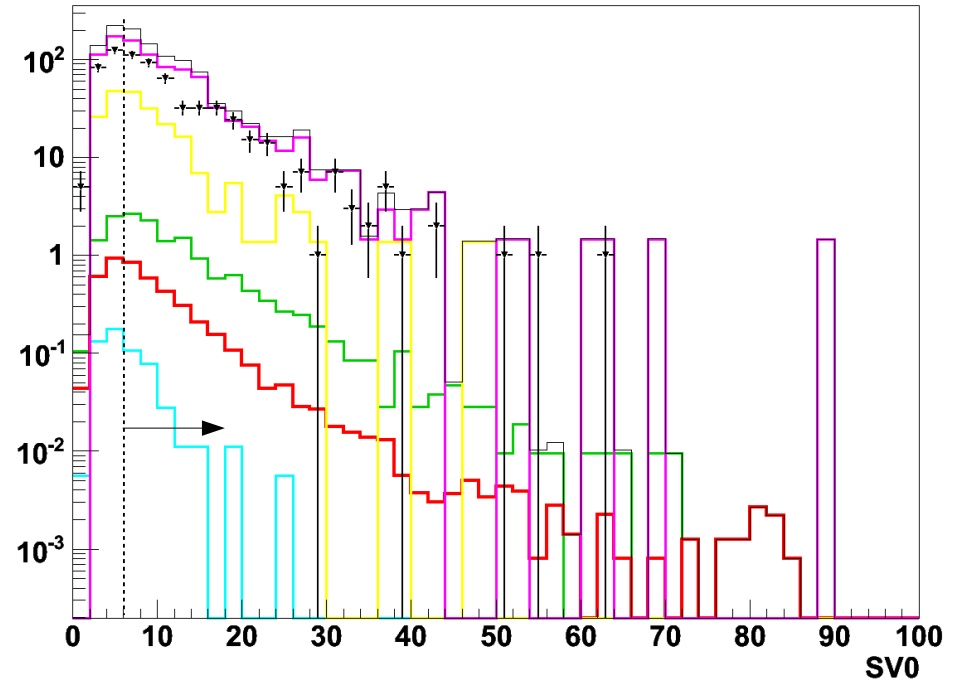


Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ. Использование таггера SV0 вместо JetProb (1).

Jet1Weight::1==1



Jet2Weight::1==1

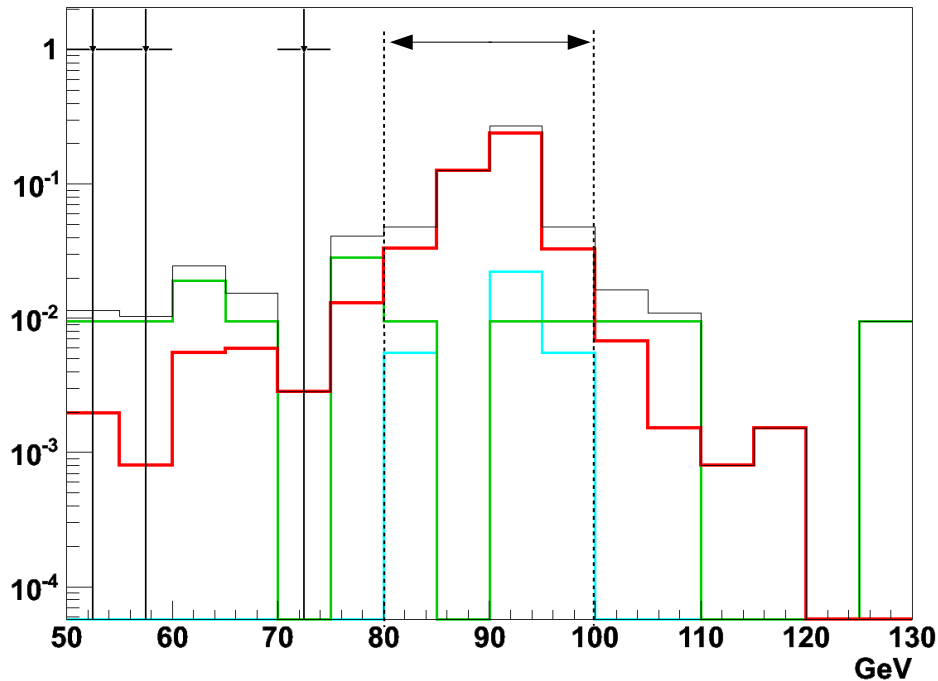


Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

Использование таггера SV0 вместо JetProb (2).

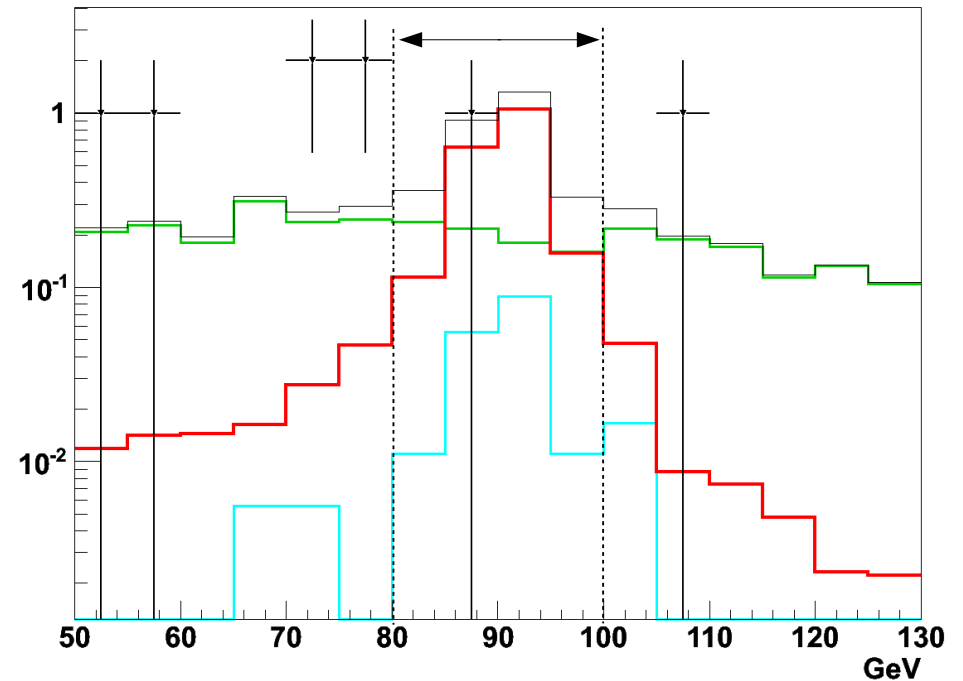
“жесткие” каты

ZMass::Jet1Pt<40 && Jet2Pt<40 && EtMiss<60 && Mu1Pt>20 && Mu2Pt>20 && Isol>0.4 && Jet1Weight>6.0 && Jet2Weight>6.0

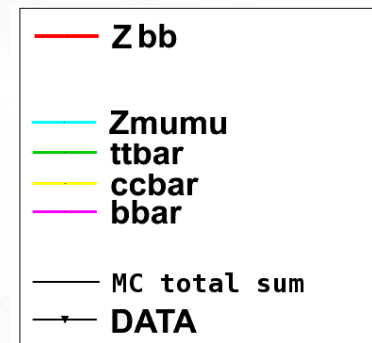


“мягкие” каты

ZMass::Mu1Pt>20 && Mu2Pt>20 && Isol>0.4 && Jet1Weight>6.0 && Jet2Weight>6.0



SV0 Tagger:	N_{Exp}	$N(MC)$	AbsErr
DATA	0		
Zbb	0.43	390	0.02
ttbar	0.028	3	0.02
Zmumu	0.033	6	0.01
bbar	0.000	0	
ccbar	0.000	0	



Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

Результаты:

- Обработано 32 pb^{-1} данных
- Хорошее согласие МС и данных в контрольной области.

“мягкие” критерии + JetProb:

$$\text{Сигнал}_{\text{MC}} = 2.62$$

$$\text{Сигн.}_{\text{MC}} / \text{Фон}_{\text{MC}} = 2.6 / 1.6 = 1.6$$

СигналМС + ФонМС = 4.2

Наблюдено 4 события.

90%CL для $S+\Phi = 8.0$

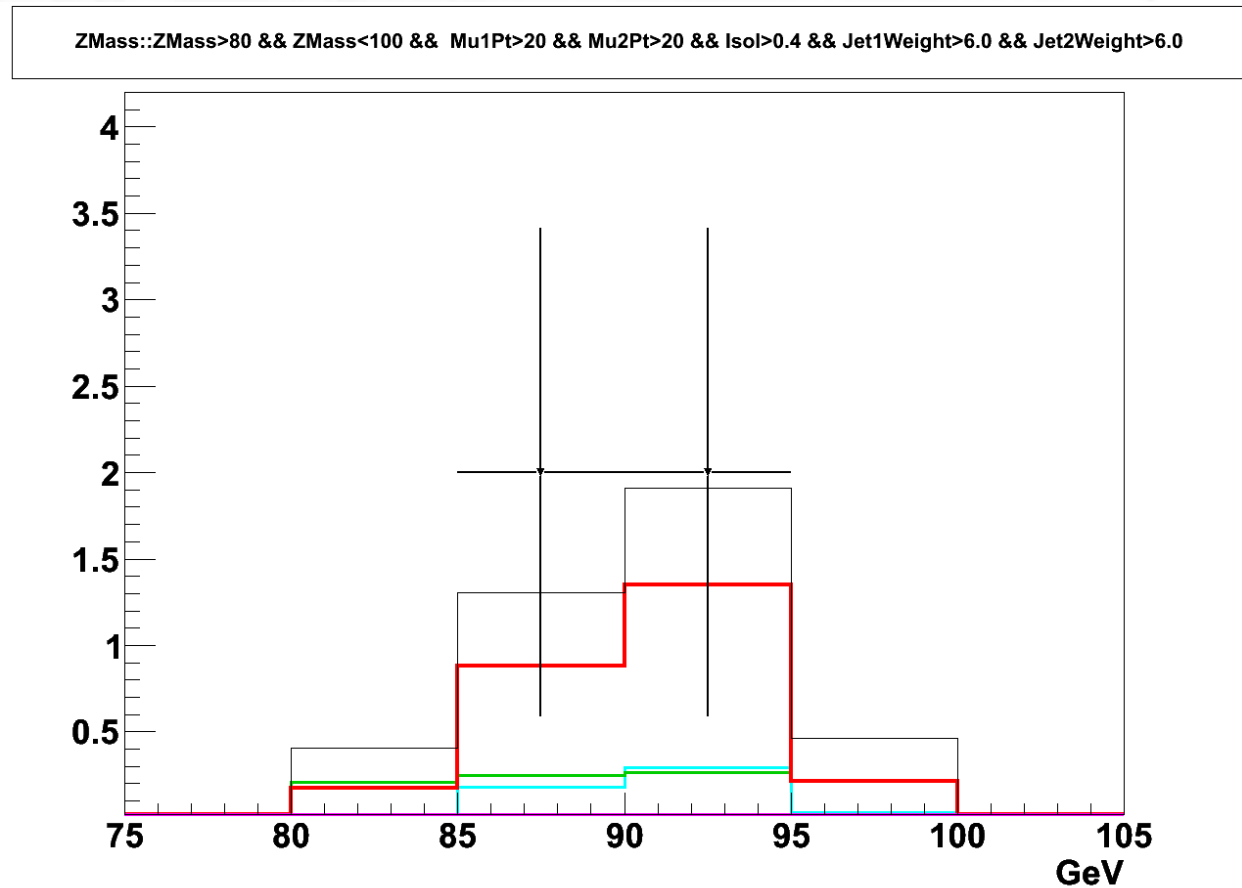
для $S = 8.0 - 1.6 = 6.4$

$$\frac{\sigma_{Zbb}^{\text{Real}}}{\sigma_{Zbb}^{\text{GenMC}}} \leq \frac{6.4}{2.6} = 2.4$$

- На 200 pb^{-1} можно ожидать, “жесткие критерии”:

JetProb: 4.0 сигнал / 1.3 фон = 3.1

SV0: 2.6 сигнал / 0.38 фон = 6.8



Измерение сечения одновременного рождения пары b-кварков и Z-бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

Дополнительный Слайд №1

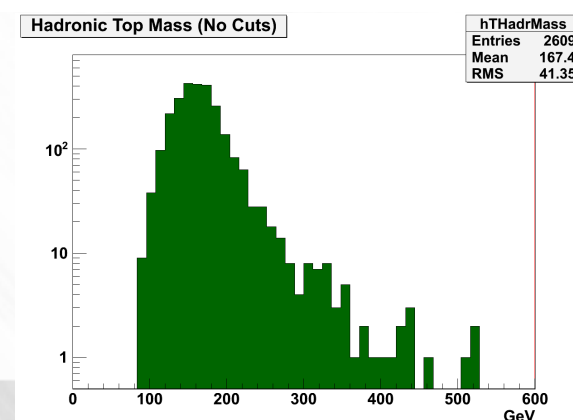
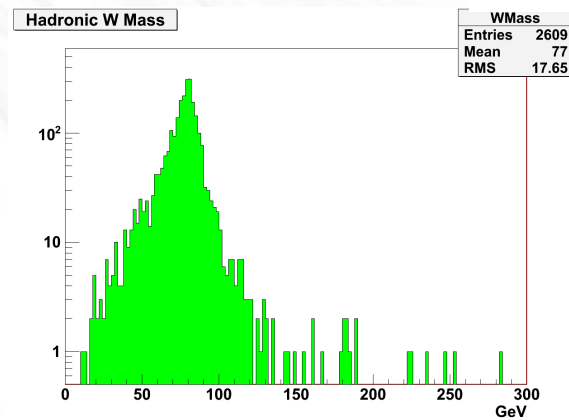
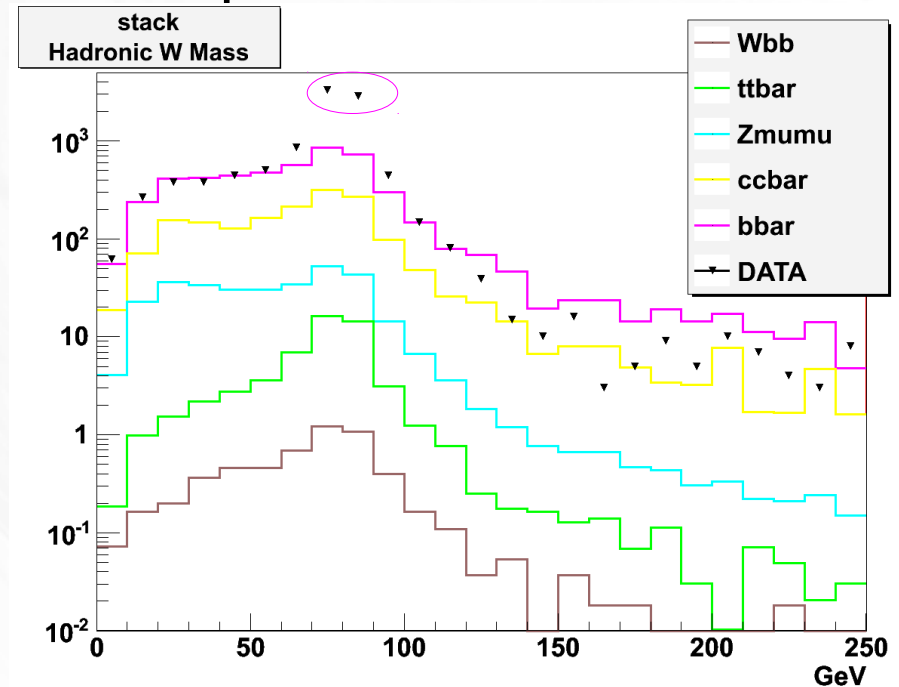
Извлечение событий $t\bar{t}b\bar{b}$ из контрольной области.

- Dataset 105205.AcerMCttbar, cs=58pb, 2100 Events @ 35 [1/pb]
- Di-Leptonic and Semi-Leptonic $t\bar{t}b\bar{b}$
- $W \rightarrow \tau$, τ здесь также считается полу-лептонным каналом.
- Чисто полулептонные события, это
 - $W1 \rightarrow \mu, \nu_\mu$
 - $W2 \rightarrow q, q$

Таких событий ожидается ~560 штук.

- Два b-jets, два l-jets, 2 мюона, но для одного мюона не ставим условие на прицельный параметр.
- в контрольной области ожидается ~50 событий,
- Дополнительный фон $Wb\bar{b}$
- Критерии отбора для $t\bar{t}b\bar{b}$

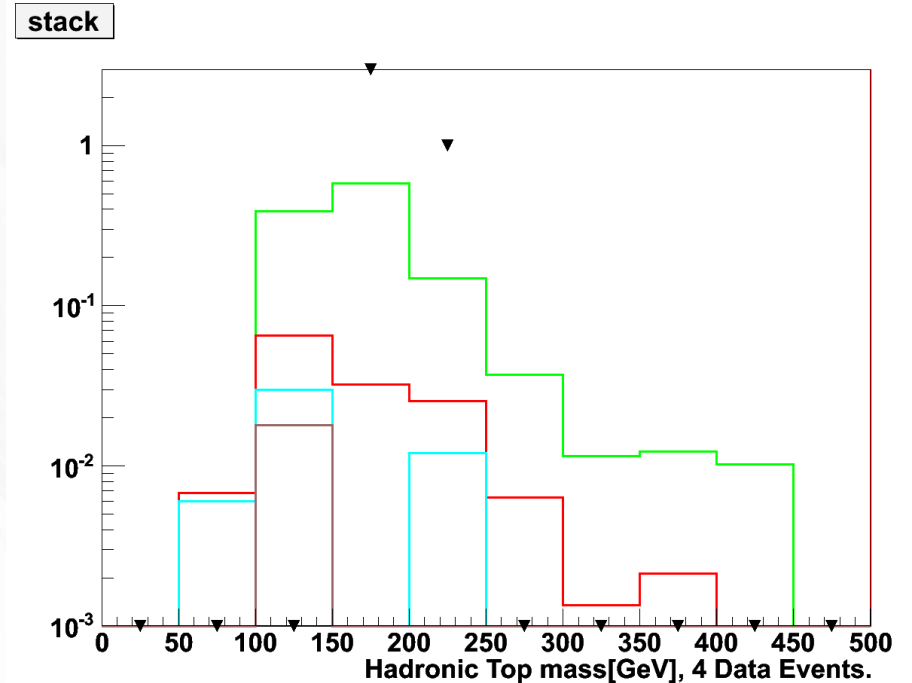
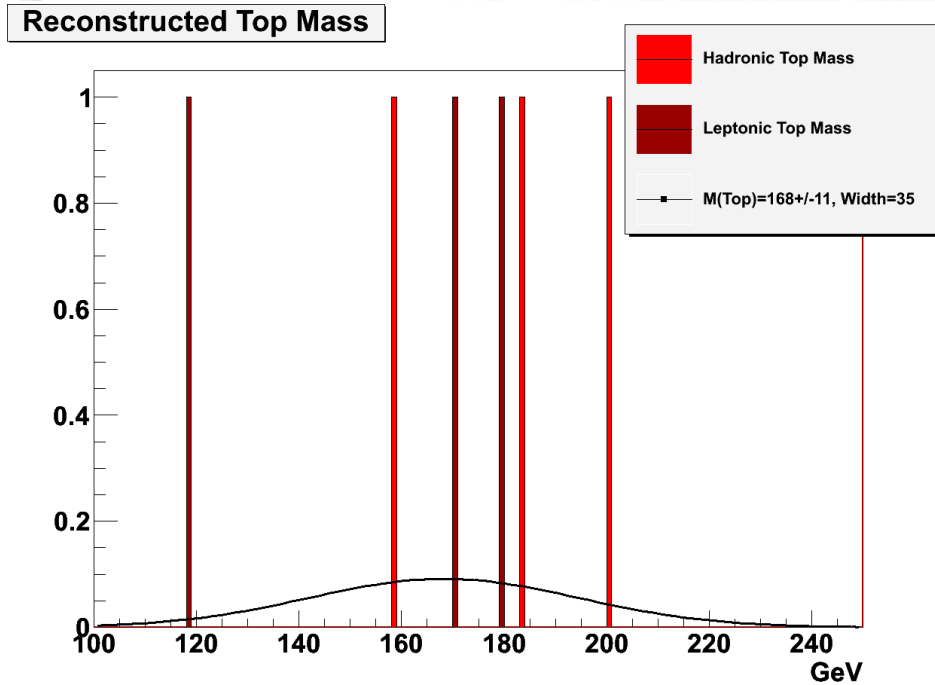
Jet1 Weight	>8.0
Jet2 Weight	>5.0
Jet3 Pt	> 40 GeV/c
Jet4 Pt	> 30 GeV/c
EtMiss	> 50 GeV
Jet Isolation	> 0.4 !!!
W mass	$70 < m(W) < 90$ GeV/c ²



Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

Дополнительный Слайд №2

Извлечение событий $t\bar{t}$ из контрольной области.



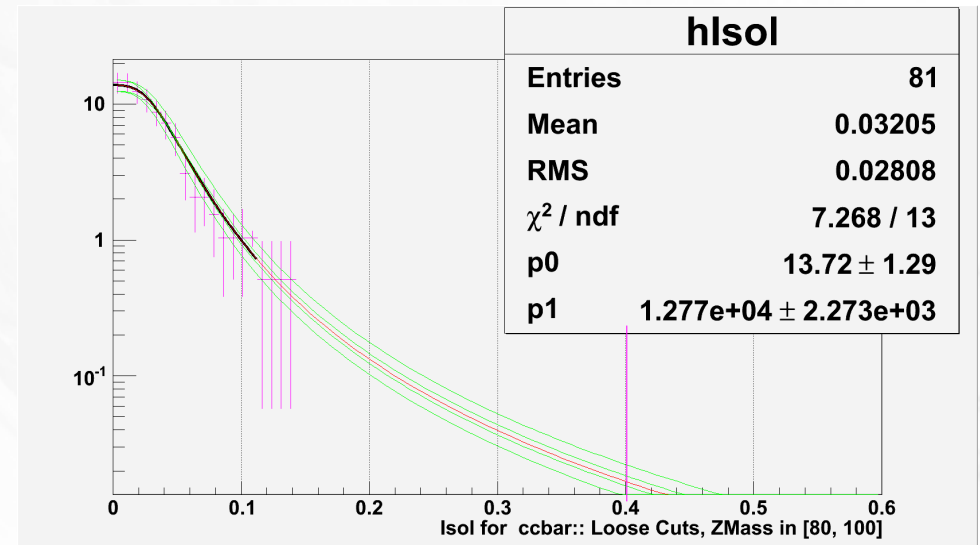
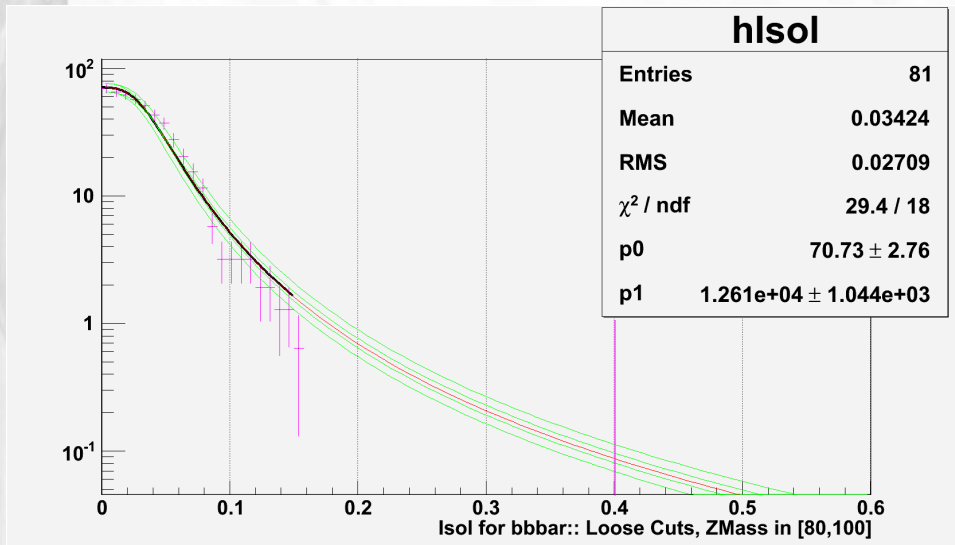
Event #	Hadronic top mass	Leptonic top mass
1	158.8	170.4
2	183.6	118.4
3	200.2	179.6

DATA	4.0	---
$t\bar{t}$ (все)	1.0	0.1
$t\bar{t}$ ($\frac{1}{2}$ L)	---	----
$Z(\mu,\mu)+bb$	0.1	0.01
$W+bb$	0.0	0.01
$Z(\mu,\mu)$	0.3	0.1
$c\bar{c}$	0.0	----
$b\bar{b}$	0.0	----

Измерение сечения одновременного рождения пары b -кварков и Z -бозона на детекторе АТЛАС в протон-протонных столкновениях 3.5+3.5 ТэВ.

Дополнительный Слайд №3

Оценка вклада процессов pp в $ccbar$ и в $bbbar$ в число событий фона для сигнала Zbb методом экстраполяции.



$$N_{QQbar} = \text{IsolFit}(0.4), \text{IsolFit}(x) = \frac{a_0}{1+a_1*x^3}$$